



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE
NACIONAL**

**EXPERIMENTOS DE ELETROQUÍMICA AMBIENTAL: ATIVIDADES
INVESTIGATIVAS NO ENSINO DE QUÍMICA**

GILSON JOSÉ CAVALCANTE DOS SANTOS JÚNIOR

**Recife - PE
2020**

**EXPERIMENTOS DE ELETROQUÍMICA AMBIENTAL: ATIVIDADES
INVESTIGATIVAS NO ENSINO DE QUÍMICA.**

Dissertação de Mestrado apresentada à Coordenação do Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI/UFRPE - Recife), como requisito necessário à obtenção do título de Mestre em Química.

Orientadora: Profa. Dra. Kátia Cristina Silva de Freitas.

Co-orientadora: Profa. Dra. Sandra Rodrigues de Souza.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S237e dos Santos Júnior, Gilson José Cavalcante
Experimentos de eletroquímica ambiental: atividades investigativas no ensino de química / Gilson José Cavalcante dos Santos Júnior. - 2020.
116 f. : il.
- Orientadora: Katia Cristina Silva de Freitas.
Coorientadora: Sandra Rodrigues de Souza.
Inclui referências e apêndice(s).
- Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Mestrado Profissional em Química (PROFQUI), Recife, 2020.
1. Eletroquímica. 2. Ensino por investigação. 3. Situação-problema. 4. Sequência didática. I. Freitas, Katia Cristina Silva de, orient. II. Souza, Sandra Rodrigues de, coorient. III. Título

GILSON JOSÉ CAVALCANTE DOS SANTOS JÚNIOR

**EXPERIMENTOS DE ELETROQUÍMICA AMBIENTAL: ATIVIDADES
INVESTIGATIVAS NO ENSINO DE QUÍMICA.**

Dissertação de Mestrado apresentada à
Coordenação do Programa de Mestrado Profissional
em Química em Rede Nacional (PROFQUI/UFRPE -
Recife), como requisito necessário à obtenção do
título de Mestre em Química.

Orientadora: Profa. Dra. Kátia Cristina Silva de
Freitas.

Co-orientadora: Profa. Dra. Sandra Rodrigues de
Souza.

Data de aprovação: ____/____/____.

COMISSÃO EXAMINADORA:

Profa. Dra. Kátia Cristina Silva de Freitas
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE
(Orientadora-Presidente)

Profa. Dra. Sandra Rodrigues de Souza
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE
(Co-orientadora)

Prof. Dr. Luciano de Azevedo Soares Neto
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE
(Membro interno)

Profa. Dra. Ivoneide Mendes da Silva
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE
(Membro externo)

Prof. Dr. Raphael Henrique Soares de Andrade
Instituto Federal de Pernambuco - IFPE
(Membro externo)

Dedico este trabalho primeiramente a Deus e a minha família por estarem presente em todos os momentos da minha vida e em toda trajetória deste curso.

Ao meu pai, Gilson (in memorian).

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela oportunidade concedida, em poder realizar mais um sonho no âmbito profissional e acadêmico.

À minha família pela compreensão, incentivo e apoio nos momentos mais difíceis.

Agradeço a minha orientadora, Profa. Dra. Kátia Cristina Silva de Freitas, e minha Co-orientadora, Profa. Dra. Sandra Rodrigues de Souza, pela paciência, orientações, compreensão e atenção, ao longo do curso. Serei eternamente grato, por compartilharem sua sabedoria, o seu tempo e sua experiência.

Aos meus colegas de turma do PROFQUI, pelos valiosos momentos de troca de experiências, pela amizade e companheirismo na busca de um mesmo ideal.

Ao corpo Docente do Programa de Mestrado Profissional em Química (PROFQUI) da UFRPE.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelos recursos disponibilizados.

RESUMO

Nesta pesquisa tivemos como objetivo investigar as possíveis contribuições de uma sequência didática com atividades experimentais investigativas, numa perspectiva da educação ambiental na aprendizagem de eletroquímica no ensino médio. Adotamos uma abordagem qualitativa dos dados empíricos, contamos, inicialmente, com a participação de 28 estudantes do 3º ano do Ensino médio, de uma escola pública da zona da mata-norte, do estado de Pernambuco, embora em algumas etapas, houve ausências. Seguimos seis etapas metodológicas: avaliação diagnóstica (etapa 1); apresentação do problema e definição do grau de abertura intelectual (etapa 2); resolução do problema (etapa 3); sistematização dos conhecimentos, momento coletivo (etapa 4); sistematização dos conhecimentos, momento individual (etapa 5); e avaliação (etapa 6). As etapas metodológicas analisadas foram: análise das respostas da avaliação diagnóstica; análise da resolução do problema pelos estudantes; análise da sistematização dos conhecimentos, momento coletivo; análise da sistematização dos conhecimentos, momento individual; análise da avaliação. Os resultados das análises evidenciam uma ausência parcial de conhecimentos prévios em relação aos conceitos fundamentais de eletroquímica. Entretanto, constatou-se uma minimização do déficit de aprendizagem a partir das respostas que emergiram das análises das demais etapas da sequência didática. Consideramos então, que uma sequência didática articulada a uma situação-problema, fundamentada no ensino por investigação com atividades experimentais, tem potencial para desenvolver nos estudantes a alfabetização científica, de modo mais significativo. Assim sendo, desenvolveu-se um produto educacional, fundamentado nas discussões desse trabalho, como uma forma de contribuição para deixar mais evidente que a construção de conceitos sobre eletroquímica, com ênfase na eletrólise é favorecida pela metodologia do ensino por investigação.

Palavras-chave: Eletroquímica. Ensino por investigação. Situação-problema. Sequência didática.

ABSTRACT

In this research we aimed to investigate the possible contributions of a didactic sequence with investigative experimental activities, from an environmental education perspective in electrochemistry learning in high school. We adopted a qualitative approach to empirical data, initially counting on the participation of 28 students from the 3rd year of high school, from a public school in the zone of mata-norte, in the state of Pernambuco, although in some stages, there were absences. We followed six methodological steps: diagnostic evaluation (step 1); presentation of the problem and definition of the degree of intellectual openness (step 2); problem resolution (step 3); systematization of knowledge, collective moment (stage 4); systematization of knowledge, individual moment (step 5); and evaluation (step 6). The methodological steps analyzed were: analysis of the responses of the diagnostic evaluation; analysis of problem solving by students; analysis of the systematization of knowledge, collective moment; analysis of the systematization of knowledge, individual moment; evaluation analysis. The results of the analysis show a partial absence of previous knowledge in relation to the fundamental concepts of electrochemistry. However, there was a minimization of the learning deficit based on the responses that emerged from the analysis of the other stages of the didactic sequence. We consider, then, that a didactic sequence articulated to a problem situation, based on research teaching with experimental activities, has the potential to develop scientific literacy among students, in a more significant way. Therefore, an educational product was developed, based on the discussions of this work, as a form of contribution to make it more evident that the construction of concepts about electrochemistry, with an emphasis on electrolysis is favored by the methodology of teaching by investigation.

Keywords: Electrochemistry. Research teaching. Problem situation. Following teaching.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Célula eletrolítica.....	23
Figura 2 -	Diagrama de uma célula de eletrofloculação.....	24
Figura 3 -	Processo de adsorção e formação das partículas coloidais que geram os flocos com as moléculas de corantes. IS = íon de sacrifício: $Al(OH)_3$ ou $Fe(OH)_3$, conforme esquema empregado.....	25
Figura 4 -	Losango didático que descreve as relações em uma sequência didática.....	29
Figura 5 -	Avaliação diagnóstica.....	48
Figura 6 -	1ª situação-problema.....	49
Figura 7 -	Notícia sobre o despejo de resíduos no rio Capibaribe.....	50
Figura 8 -	2ª situação-problema.....	50
Figura 9 -	Equipe de alunos discutindo as hipóteses – Grupo A.....	51
Figura 10 -	Simulação de efluente da indústria têxtil.....	53
Figura 11 -	Simulação de efluente de matadouro público.....	53
Figura 12 -	Questionário individual.....	55
Figura 13 -	Avaliação.....	56
Figura 14 -	Resposta de um sujeito da pesquisa à questão 01 da avaliação diagnóstica.....	67
Figura 15 -	Resposta de um sujeito da pesquisa à questão 02 da avaliação diagnóstica.....	68
Figura 16 -	Resposta de um sujeito da pesquisa à questão 03 da avaliação diagnóstica.....	69
Figura 17 -	Resposta de um sujeito da pesquisa à questão 05 da avaliação diagnóstica.....	70
Figura 18 -	Montagem experimental na resolução da 1ª SP – grupo A.....	72
Figura 19 -	Montagem experimental na resolução da 2ª SP – grupo A.....	73
Figura 20 -	Amostras simuladas de efluentes após alguns minutos do início do experimento – grupo A.....	74
Figura 21 -	Filtração sendo realizada pelo grupo A.....	74

Figura 22 - Resposta de um sujeito da pesquisa à questão 01 do momento individual.....	78
Figura 23 - Resposta de um sujeito da pesquisa à questão 02 do momento individual.....	79
Figura 24 - Resposta de um sujeito da pesquisa à questão 03 do momento individual.....	81
Figura 25 - Resposta de um sujeito da pesquisa à questão 04 do momento individual.....	82
Figura 26 - Resposta de um sujeito da pesquisa à questão 01 da avaliação.....	84
Figura 27 - Resposta de um sujeito da pesquisa à questão 02 da avaliação.....	85
Figura 28 - Resposta de um sujeito da pesquisa à questão 05 da avaliação.....	88

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Graus de liberdade de professor (P) e alunos (A) em atividades experimentais.....	34
Quadro 2 - Materiais utilizados na aula experimental.....	51
Quadro 3 - Síntese da sequência didática desenvolvida.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Categorização das respostas dos estudantes à questão 01 – avaliação diagnóstica.....	66
Tabela 2 -	Categorização das respostas dos estudantes à questão 02 – avaliação diagnóstica.....	67
Tabela 3 -	Categorização das respostas dos estudantes à questão 03 – avaliação diagnóstica.....	68
Tabela 4 -	Categorização das respostas dos estudantes à questão 04 – avaliação diagnóstica.....	69
Tabela 5 -	Categorização das respostas dos estudantes à questão 05 – avaliação diagnóstica.....	70
Tabela 6 -	Categorização das respostas dos estudantes à questão 01 – momento individual.....	77
Tabela 7 -	Categorização das respostas dos estudantes à questão 02 – momento individual.....	79
Tabela 8 -	Categorização das respostas dos estudantes à questão 03 – momento individual.....	80
Tabela 9 -	Categorização das respostas dos estudantes à questão 04 – momento individual.....	82
Tabela 10 -	Categorização das respostas dos estudantes à questão 01 da avaliação.....	83
Tabela 11 -	Categorização das respostas dos estudantes à questão 02 da avaliação.....	84
Tabela 12 -	Categorização das respostas dos estudantes à questão 03 da avaliação.....	85
Tabela 13 -	Categorização das respostas dos estudantes à questão 04 da avaliação.....	86
Tabela 14 -	Categorização das respostas dos estudantes à questão 05 da avaliação.....	87

LISTA DE SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
EA	Educação Ambiental
EF	Eletrofloculação
EI	Ensino por Investigação
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
EREM EPB	Escola de Referência em Ensino Médio Emiliano Pereira Borges
LDB	Lei de Diretrizes e Bases
NR	Nenhuma Resposta
PE	Pernambuco
RI	Resposta Insatisfatória
RPS	Resposta Parcialmente Satisfatória
RS	Resposta Satisfatória
SD	Sequência Didática
SP	Situação-problema
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
ZDP	Zona de Desenvolvimento Proximal

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	15
CAPÍTULO 1: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
1.1 Eletroquímica.....	19
1.1.1 Um breve histórico.....	19
1.1.2 Conceitos fundamentais	21
1.1.3 Eletrofloculação	24
1.2 Sequência Didática.....	28
1.3 Educação Ambiental	30
1.4 Ensino por Investigação	32
1.5 A Construção do conhecimento nas perspectivas de Piaget e Vygotsky	37
1.5.1 Teoria do desenvolvimento cognitivo de Lev Semenovich Vygotsky.....	37
1.5.2 Teoria do desenvolvimento cognitivo de Jean Piaget	41
1.6 Situação – problema	43
CAPÍTULO 2. METODOLOGIA.....	45
2.1 O contexto da pesquisa.....	45
2.2 Os sujeitos participantes.....	46
2.3 Instrumentos utilizados para coleta de dados.....	46
2.4 Percursos metodológicos.....	47
2.4.1 Avaliação diagnóstica (etapa 1).....	47
2.4.2 Proposição do problema e definição do grau de liberdade intelectual (etapa 2).....	48
2.4.3 Resolução do problema pelos estudantes (etapa 3).....	51
2.4.4 Sistematização dos conhecimentos, momento coletivo (etapa 4).....	53
2.4.5 Sistematização dos conhecimentos, momento individual (etapa 5).....	54
2.4.6 Avaliação (etapa 6).....	55
2.4.7 Metodologia de análise dos dados.....	57
2.4.7.1 Metodologia de análise das respostas da avaliação diagnóstica (etapa1).....	58
2.4.7.2 Metodologia de análise da resolução do problema pelos estudantes (etapa 3).....	60

2.4.7.3 Metodologia de análise da sistematização dos conhecimentos, momento coletivo (etapa 4).....	60
2.4.7.4 Metodologia de análise da sistematização dos conhecimentos, momento individual (etapa 5).....	60
2.4.7.5 Metodologia de análise da Avaliação (etapa 6).....	62
CAPÍTULO 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	66
3.1 Análise das respostas da avaliação diagnóstica.....	66
3.2 Análise da resolução do problema pelos estudantes.....	71
3.3 Análise da sistematização dos conhecimentos, momento coletivo.....	75
3.4 Análise da sistematização dos conhecimentos, momento individual.....	77
3.5 Análise da avaliação.....	83
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	89
REFERÊNCIAS.....	92
APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	98
APÊNDICE B – Avaliação Diagnóstica.....	99
APÊNDICE C – 1ª Situação – problema.....	100
APÊNDICE D – 2ª Situação – problema.....	101
APÊNDICE E – Questionário Individual.....	102
APÊNDICE F – Avaliação.....	103
APÊNDICE G – Produto Educacional.....	104

INTRODUÇÃO

A Química é uma disciplina fundamental e um dos mais belos componentes curriculares do Ensino Médio, relacionada diretamente ao desenvolvimento tecnológico e científico da humanidade. Apesar da importância histórica ligada à evolução das sociedades e ao modo de viver do homem, esse componente curricular nem sempre é efetivamente valorizado. Possivelmente, pelo fato de que há uma grande dificuldade de aprendizagem por parte dos alunos, o que por consequência, leva à falta de interesse, ao descaso e até mesmo à desmotivação ao estudo da disciplina.

Há vários fatores que tentam explicar o baixo desempenho da aprendizagem da Química no Ensino Médio. Dentre os quais, está a metodologia de ensino, que busca tornar a aprendizagem cada vez mais adaptada ao seu tempo e ao seu contexto.

Adicionalmente, quando analisamos os processos de ensino e aprendizagem para a disciplina de Química no Brasil, fica evidente entre os alunos, as dificuldades em perceber o significado dos conteúdos químicos que estudam. Visto que, muitas vezes, estes conteúdos são abordados de forma descontextualizada e fragmentada (ROCHA; VASCONCELOS, 2016).

Os documentos oficiais que regulamentam e normatizam a Educação brasileira vêm propondo mudanças para o sistema educacional. A Lei das Diretrizes e Bases - LDB 9.394/96 (seção IV, art. 35) descreve que o ensino tem como dever “o aperfeiçoamento do estudante como ser humano, envolvendo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual do pensamento crítico e a percepção dos fundamentos científico-tecnológicos dos procedimentos úteis”. A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) propõe a superação da fragmentação das disciplinas curriculares e sugere um ensino que possibilite aos alunos um sentido pelo qual se aprende (BRASIL, 2017).

Segundo Delizoicov *et al.* (2011) existe uma preocupação com a sequência dos conteúdos, mas não com a relevância dos conteúdos que se ensina. E isto pode contribuir para processos de ensino e aprendizagem que não abrangem temas da atualidade, além de desconsiderar que a sociedade contemporânea está

continuamente sofrendo mudanças nos aspectos científicos, tecnológicos, sociais e ambientais.

Adicionalmente, se por um lado, ciência e tecnologia no contexto da globalização, têm se apresentado como fatores de desenvolvimento econômico da sociedade contemporânea. Por outro, as aplicações científicas e tecnológicas podem estar relacionadas a problemas socioambientais, por exemplo. É neste contexto que é defendida por autores da literatura da área de ensino de ciências, a alfabetização científica dos cidadãos.

Segundo Santos (2007), o indivíduo letrado cientificamente é capaz de, por exemplo, compreender satisfatoriamente as especificações de uma bula de um medicamento ou exigir que as mercadorias atendam as exigências legais de comercialização, bem como, posicionar-se criticamente diante de situações que envolvam problemas sociais e/ou ambientais e que exija tomada de decisão.

Nesta direção, a função do ensino de ciências, e mais especificamente do ensino de Química, não é preparar os estudantes para serem cientistas ou técnicos de ferramentas tecnológicas, mas, dar condições a eles para compreender e de interagir com as dinâmicas e intensas mudanças técnico-científicas que ocorrem no mundo globalizado. Além de desenvolver uma visão crítica do mundo que os cerca. A nosso ver, isto pode favorecer a expansão de seus horizontes, a aquisição de sentido para sua aprendizagem, a participação em processos de tomada de decisão de forma crítica e a interação com o mundo, enquanto indivíduo e cidadão.

Neste cenário, uma orientação para os processos de ensino e aprendizagem de Química que converge com a perspectiva da alfabetização científica é a abordagem do ensino por investigação (EI).

Essa perspectiva de ensino foi, primeiramente, proposta pelo educador e filósofo norte-americano John Dewey (1859-1952), (ROCHA, 2017). Ainda segundo Rocha (2017) em seu trabalho, para Dewey um ensino investigativo desenvolve o pensamento crítico, possibilita a compreensão da atividade científica e a assimilação dos conceitos científicos. Fazendo com que, o aluno adquira um corpo de conhecimentos científicos que o faz compreender as relações entre Ciência e sociedade.

Nesse contexto, surgem novas relações pedagógicas no ensino e aprendizagem, onde os alunos saem da passividade, adquirindo uma ação construtiva em sala de aula.

Portanto, o EI é uma das ferramentas desta pesquisa. Dentre os diversos conteúdos químicos que podem ser trabalhados dentro da perspectiva do EI, destacamos o da eletroquímica. E justificamos nossa opção considerando que nele podem ser abordadas diferentes questões atuais relativas à ciência e sociedade.

A eletroquímica trata do uso de reações químicas espontâneas para produzir eletricidade e do uso da eletricidade para forçar as reações químicas não espontâneas a acontecerem (ATKINS; JONES, 2012).

Nessa perspectiva, o presente estudo teve como propósito o desenvolvimento dos conceitos inerentes à eletroquímica, com ênfase na eletrólise, por meio da proposição de uma sequência didática (SD), articulada a duas situações-problema (SP) com uso da experimentação.

Em face do exposto, foi concebido o seguinte problema de pesquisa: de que maneira uma sequência didática com atividades experimentais investigativas pode contribuir com a aprendizagem de eletroquímica no ensino médio?

A fim de responder ao problema de pesquisa, adotou-se como objetivo geral:

- Investigar as possíveis contribuições de uma sequência didática com atividades experimentais investigativas, numa perspectiva da educação ambiental (EA) na aprendizagem de eletroquímica no ensino médio.

No atendimento ao objetivo geral, definimos como objetivos específicos:

- Diagnosticar as concepções prévias dos alunos de uma turma do 3º ano do ensino médio, com relação aos conceitos relacionados à eletroquímica e educação ambiental.

- Elaborar uma sequência didática investigativa articulada a uma situação-problema sobre o conteúdo de eletrólise.

- Evidenciar que a aprendizagem por experimentação com caráter investigativo pode ocorrer em escolas que não possuem um espaço adequado para as aulas experimentais.

- Avaliar o processo de ensino e aprendizagem dos estudantes à luz dos pressupostos teóricos do ensino por investigação.

Para o desenvolvimento da pesquisa, organizamos esta dissertação em quatro capítulos. No capítulo um será apresentada a **Fundamentação teórica**, subdividida em seis pontos: no primeiro discutimos aspectos conceituais do conteúdo de eletroquímica, abordando um breve histórico, conceitos fundamentais e a eletrofloculação (EF). No segundo ponto trataremos do aspecto conceitual de uma sequência didática. No terceiro discutimos sobre as concepções de educação ambiental. No quarto ponto, apresentamos os pressupostos teóricos / metodológicos do ensino por investigação. No quinto ponto abordaremos as teorias do desenvolvimento cognitivo nas perspectivas de Piaget e Vygotsky. Por fim, mostramos o conceito de situação-problema (SP).

No segundo capítulo, apresentamos o **Desenho Metodológico**, discutindo sobre o contexto da pesquisa, as características dos sujeitos participantes, os instrumentos de coleta de dados utilizados, e as etapas metodológicas. No terceiro capítulo, apresentamos e discutimos os **Resultados** desta pesquisa; e, finalmente, apresentamos as **Considerações Finais**.

CAPÍTULO 1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, discutimos aspectos conceituais do conteúdo de Eletroquímica com ênfase na eletrólise, sequência didática, educação ambiental, ensino por investigação, as teorias do desenvolvimento cognitivo nas perspectivas de Piaget e Vygotsky e o conceito de situação-problema.

1.1 ELETROQUÍMICA

1.1.1 Um breve histórico

Os fenômenos elétricos, principalmente os relâmpagos, vinham atraindo os interesses dos homens desde a antiguidade (TAVARES & SANTIAGO, 2002). A eletroquímica tal qual conhecemos hoje tem marcos precisos, embora haja relatos arqueológicos da existência de baterias primitivas usadas para galvanoplastia na Mesopotâmia 200 a.C (FURLAN *et al.*, 2007).

De fato, esse ramo da química foi fundado pela narrativa de vários interlocutores cujos trabalhos estão entre os pilares que levaram ao desenvolvimento da eletrodinâmica, que compreende a pilha voltaica, a eletrólise e a série eletroquímica (FURLAN *et al.*, 2007). Certamente, o fascínio da eletricidade impulsionou vários cientistas da época a buscar novos entendimentos e a postular novas teorias.

Foi o caso do médico italiano Luigi Aloisio Galvani (1737-1798) em seus estudos no campo da eletrofisiologia, ao observar a contração muscular de rãs mortas, quando pretendia estudar as relações entre eletricidade e os organismos vivos (OKI, 2000). “Pensando como médico, criou uma teoria admitindo a existência de uma eletricidade animal” (FELTRE, 2004, p. 298).

Outro italiano, o físico Alessandro Volta (1745-1827) refutou as idéias de Galvani sobre a existência de uma eletricidade animal. “Para ele a perna da rã era simplesmente um condutor de eletricidade, que se contraía quando entrava em contato com dois metais diferentes” (FELTRE, 2004, p. 298).

Com isso, em 1800, Volta propôs o primeiro gerador eletroquímico capaz de produzir uma corrente elétrica contínua ao utilizar diferentes discos empilhados de

Cu/Zn ou Zn/Ag, separados por pedaços de papel ou tecido, umedecidos em solução aquosa salina. Tal experimento caracterizou o que conhecemos por pilha (LEICESTER, 1971, apud OKI, 2000). “Essa experiência foi apresentada em Paris, em 1801, a Napoleão, que distinguiu Volta com a medalha da Legião de honra” (FELTRE, 2004, p. 298).

Os trabalhos de Volta instigaram ainda mais os cientistas da época a investigar e a realizar novos experimentos. Fato este que os amigos Anthony Carlisle (1768-1840) e William Nicholson (1753-1815) utilizaram a eletricidade para decompor a água em gases hidrogênio e oxigênio. Este trabalho contribuiu para que um novo método surgisse, a eletrólise (OKI, 2000).

Outros estudiosos também se interessaram sobre o fenômeno da eletrólise. Podemos destacar Humphry Davy (1778-1829), professor da Instituição Real de Londres, que em 1807 conseguiu decompor as substâncias potassa e soda fundida utilizando eletricidade, obtendo os elementos químicos potássio e sódio. No ano seguinte, Davy ainda conseguiu obter o magnésio, o cálcio, o estrôncio e o bário com o mesmo método (AARON, 1984, apud OKI, 2000).

Segundo Atkins e Jones (2012, p.542), outro processo eletroquímico de obtenção de espécie química ocorreu em 1886, quando o francês Henri Moissan conseguiu realizar a formação de flúor, ao passar uma corrente elétrica por uma mistura anidra fundida de fluoreto de potássio e fluoreto de hidrogênio.

Não podemos deixar de citar nomes como o de Michael Faraday (1791-1867), físico e químico britânico, considerado um dos grandes cientistas da história, foi um grande experimentalista, especialmente por causa de seu trabalho na determinação das leis quantitativas da eletrólise, em 1834 (BALDINATO, 2009).

Assim como, o de Walther Hermann Nernst (1864-1941) que, em 1889, conseguiu relacionar em forma de equação, a dependência do potencial da pilha com as concentrações de reagentes e produtos em condições não padrão (TOMA, 2013).

Obviamente, outros cientistas não citados anteriormente, contribuíram com a evolução da eletroquímica, promovendo o desenvolvimento científico e tecnológico que produziram consequências sociais, econômicas e ambientais.

1.1.2 Conceitos Fundamentais

As reações químicas são representadas por equações que “descrevem as mudanças que ocorrem durante as reações. Apesar de, na maioria das vezes estas mudanças estejam relacionadas com o consumo de reagentes e o aparecimento de produtos” (MAHAN; MYERS, 1995, p. 8).

Contudo em algumas transformações químicas, acontece também a produção de energia elétrica. Enquanto outras só ocorrem a partir do aproveitamento da mesma.

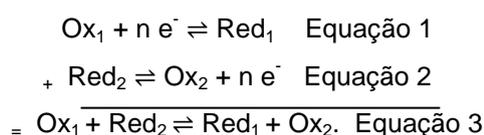
Segundo Brady, Russell e Holum (2002), os processos associados ao papel desempenhado pela eletricidade nas reações químicas estão dentro do estudo da eletroquímica.

Atkins e Jones (2012, p. 515) afirmam que a eletroquímica “trata do uso de reações químicas espontâneas para produzir eletricidade e do uso da eletricidade para forçar as reações químicas não espontâneas a acontecerem”.

Só podemos falar em eletricidade se houver a existência de uma corrente elétrica, que segundo Atkins e Jones (2012, p. 515), “é o fluxo de elétrons por um circuito”.

De acordo com Toma (2013), aquelas reações que envolvem a passagem de elétrons entre as espécies químicas, podendo ser moléculas, íons ou átomos, que estão se transformando, caracterizam as reações de oxidorredução. “A espécie que perdeu elétrons sofreu oxidação, e a que recebeu elétrons, sofreu redução” (TOMA, 2013, p.101).

Ainda, segundo este autor, é possível de modo genérico, esquematicamente, separar as duas etapas e depois somá-las:



Toma (2013) faz uma descrição das semi-reações de redução (equação 1) e oxidação (equação 2) mostrando qual espécie ganha elétron e qual os perde, além da equação global (equação 3). Destacando no esquema que:

Vemos que a forma oxidada da substância 1, Ox_1 , se reduz, ou seja, se transforma na forma reduzida Red_1 , pelo recebimento de n elétrons. Já a espécie reduzida 2, Red_2 , dá origem à forma oxidada 2, Ox_2 , pela perda de n elétrons. O processo global é a soma das reações parciais. Observe que, na reação química resultante, não aparecem formalmente os elétrons, pois estes acabam sendo eliminados no processo de soma das etapas parciais (TOMA, 2013. p. 106).

Nesta direção, conforme Skoog *et al.* (2006), dada a finalidade e o arranjo estrutural da célula eletroquímica, é possível classificá-la como célula galvânica (ou voltaica) ou célula eletrolítica. Nas células galvânicas, as reações de oxidação e redução acontecem de maneira espontânea gerando um fluxo de elétrons, através de um condutor externo. As pilhas e baterias representam exemplos convencionais de células galvânicas.

Considerando as possibilidades de construção das células eletroquímicas, abordaremos as células eletrolíticas. Onde as reações de oxidorredução são não-espontâneas.

De uma maneira geral, são constituídas de dois eletrodos, podendo ser inertes ou reativos, denominados ânodo e cátodo, onde ocorrem respectivamente, a oxidação e a redução (FONSECA, 2016). Estes eletrodos ficam no mesmo compartimento em contato com um tipo de eletrólito, onde a concentração e pressão estão longe das condições padrão (ATKINS; JONES, 2012).

Necessitam para sua operação, de uma fonte externa de energia elétrica, de corrente contínua, cuja diferença de potencial seja superior ao da reação espontânea, objetivando forçar a oxidação em um eletrodo e a redução no outro (ATKINS; JONES, 2012).

Conforme representada na figura 1, podemos generalizar que nesse tipo de célula, quando conectamos o pólo negativo da fonte externa no eletrodo "A" e o pólo positivo no eletrodo "M", estabelecemos quais dos eletrodos serão cátodo e ânodo. Todavia, não podemos esquecer que a célula eletrolítica opera inversamente a um processo espontâneo.

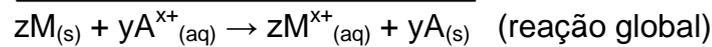
Como o pólo negativo da fonte externa é rico em elétrons, estes vão fluir para "A", ocorrendo a redução representada na equação 4, enquanto que em "M" os elétrons migram para o pólo positivo da fonte, caracterizando a oxidação representada na equação 5. A soma das equações 4 e 5 resulta na equação global 6 (SKOOG *et al.*, 2006, p.469 – 470).



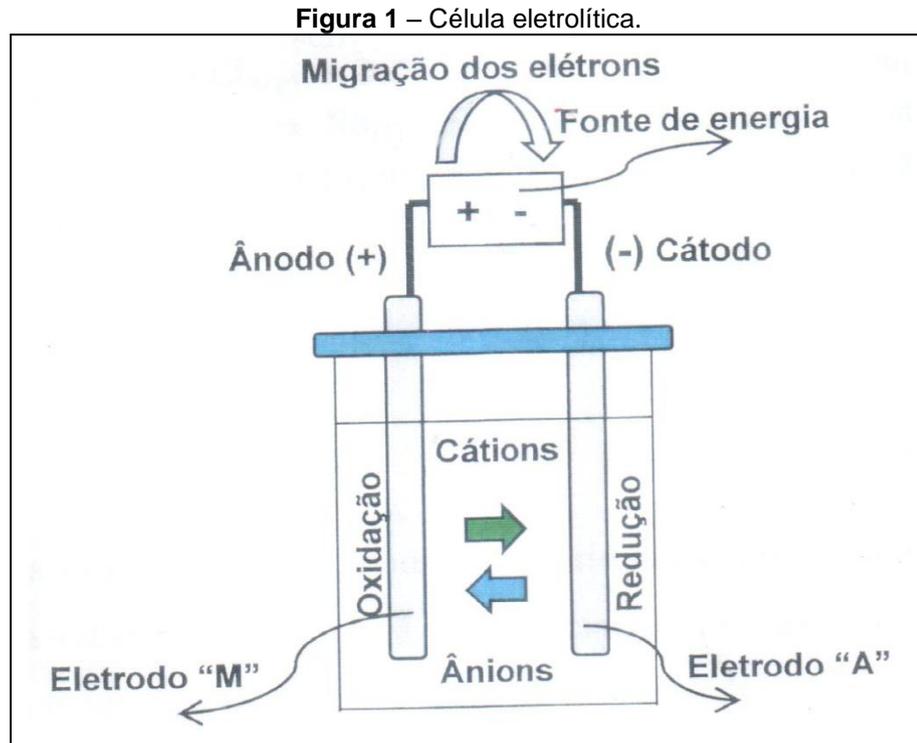
Equação 4



Equação 5



Equação 6



Fonte: Adaptado do Atkins (2012).

De acordo com Atkins e Jones (2012, p. 542) “a célula eletrolítica é a célula eletroquímica na qual ocorre a eletrólise”.

Para Toma (2013, p.109), “chama-se eletrólise a transformação química promovida pela passagem da corrente elétrica”.

Na definição de Fonseca (2016, p.265), a eletrólise é um processo não espontâneo de descarga de íons, no qual, à custa de energia elétrica, o cátion recebe elétrons e o ânion doa elétrons para que fiquem com energia química acumulada.

A eletrólise, além de ser uma ferramenta útil nos laboratórios de pesquisa em química, tem muitas aplicações industriais importantes. Entre elas estão a galvanoplastia e a produção de substâncias e metais de grande interesse econômico (Brady; Russell; Holum, 2002).

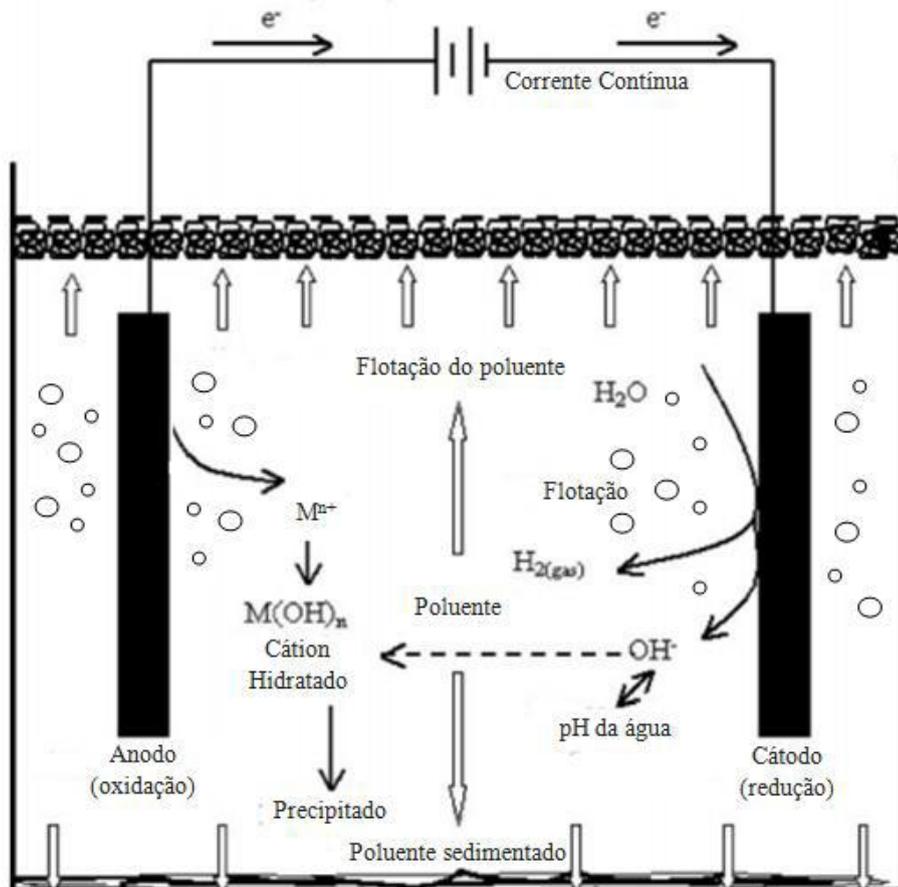
Podendo ainda ser aplicada como tecnologia para realizar o tratamento de efluentes industriais e domésticos, através da EF, em alternativa aos métodos mais tradicionais (NETO *et al.*, 2011).

1.1.3 Eletrofloculação

De acordo com Neto *et al.* (2011), o processo da EF, também chamado de eletrocoagulação ou eletroflotação, é essencialmente um processo eletrolítico que envolve a desestabilização de poluentes emulsificados, ou em suspensão, em meio aquoso.

Esse processo envolve o uso de reatores eletroquímicos, como esquematizado na figura 2, nos quais são gerados coagulantes *in situ*, por oxidação eletrolítica de um material apropriado no ânodo (GOBBI, 2013).

Figura 2 – Diagrama de uma célula de eletrofloculação.



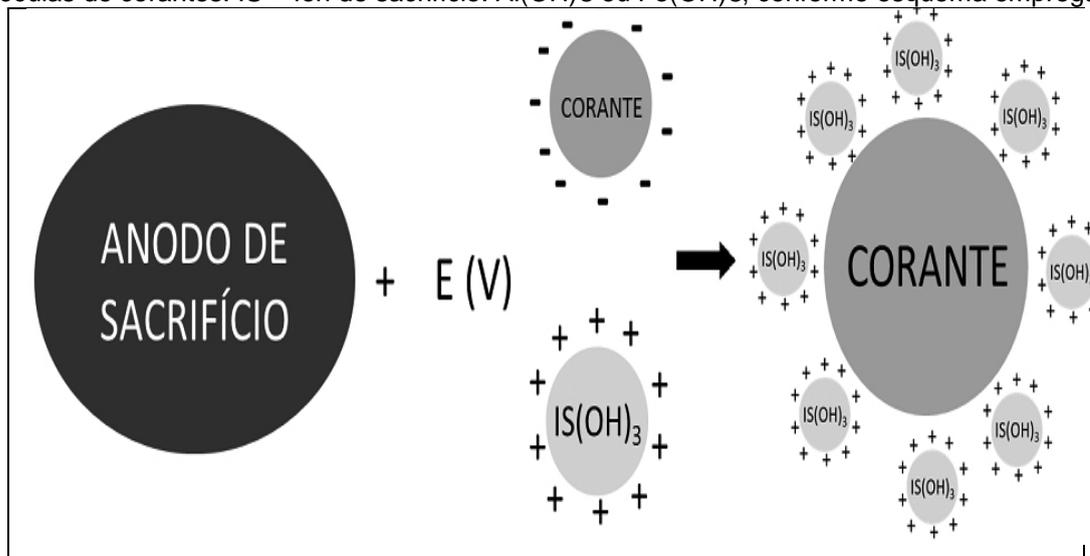
Fonte: Adaptação de Mollah *et al.* (2004).

Esta técnica ocorre basicamente em três etapas. Na primeira etapa, ocorre a formação de um agente coagulante através da oxidação eletrolítica do eletrodo de sacrifício, geralmente Fe ou Al, ocasionando a neutralização das cargas superficiais, desestabilizando as partículas coloidais e a quebra de emulsões (SILVA, 2002).

Crespilho e Resende (2004) apontam alguns fatores que devem ser considerados, para que a coagulação ocorra de maneira controlada e eficiente: a condutividade da solução, a resistividade do meio, o potencial aplicado entre os eletrodos e a corrente obtida.

Na segunda etapa, ilustrada na figura 3, ocorre a aglutinação das partículas desestabilizadas pelos hidróxidos de ferro e/ou alumínio, que são coagulantes naturais favorecendo a formação e o crescimento dos flocos. Podendo ser removidos por decantação, filtração ou flotação (SILVA, 2002; MOLLAH *et al.*, 2004).

Figura 3 – Processo de adsorção e formação das partículas coloidais que geram os flocos com as moléculas de corantes. IS = íon de sacrifício: $\text{Al}(\text{OH})_3$ ou $\text{Fe}(\text{OH})_3$, conforme esquema empregado.



Fonte: Neto *et al* (2011).

Na última etapa ocorre a flotação em que são geradas microbolhas de oxigênio no ânodo e de hidrogênio no cátodo, que sobem à superfície colidindo e sendo adsorvidas pelos flocos, carreando por arraste as partículas e impurezas em suspensão no meio e promovendo, dessa forma a clarificação do efluente. Ao chegar à superfície do reator, a suspensão (flotado) pode ser removida por processos convencionais, tais como: raspagem, sucção, etc. (CRESPILHO; REZENDE, 2004).

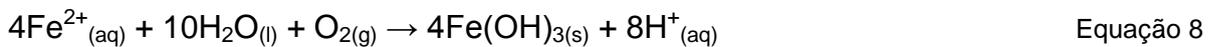
A eficiência da flotação depende do tamanho das bolhas e também da mistura das mesmas com o efluente. Geralmente bolhas com menores tamanhos promovem maiores áreas superficiais de contato, resultando em melhor eficiência no processo de separação (GOBBI, 2013).

Algumas reações, envolvidas no processo de EF, utilizando eletrodos de ferro são mostradas a seguir, ressaltando, que o mecanismo de EF é altamente dependente da química do meio aquoso (MOLLAH *et al.*, 2004).

De acordo com Mollah *et al.* (2004), produz hidróxido de ferro, Fe(OH)_n , em que n pode ser 2 ou 3, existindo dois mecanismos:

Mecanismo 1

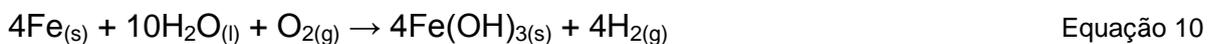
Ânodo:



Cátodo:



Reação global:



Mecanismo 2

Ânodo:



Cátodo:



Reação global:



Os íons férricos gerados pela oxidação eletroquímica dos eletrodos de ferro podem formar íons monoméricos, $\text{Fe}(\text{OH})_3$, e complexos hidroxipoliméricos, tais como: $\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$, $\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_5(\text{OH})^{2+}$, $\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_4(\text{OH})_2^{2+}$, $\text{Fe}_2(\text{H}_2\text{O})_8(\text{OH})_2^{4+}$ e $\text{Fe}_2(\text{H}_2\text{O})_6(\text{OH})_4^{4+}$, dependendo do pH do meio aquoso.

Estes compostos hidróxidos, poli-hidróxidos e poli-hidróxidos metálicos têm uma forte afinidade por partículas dispersas (MOLLAH *et al.*, 2004).

Nesta direção, Ibanez (2002) e Silva *et al.* (2016), utilizam o eletrodo de ferro para realizar a eletrofloculação, com o objetivo de perceber a funcionalidade do sistema eletrolítico quanto ao tratamento de efluentes. Constatando, segundo Ibanez (2002) que essa técnica pode minimizar a quantidade de rejeitos descartados no meio ambiente, por meio de processos nos quais minimizam o consumo de matéria-prima e energia.

Considerando as discussões apresentadas nesta seção, verifica-se que o método da EF, por envolver conceitos que são trabalhados na disciplina de Química na Educação Básica, pode ser facilmente explorado para trabalhar conceitos inerentes à eletroquímica.

Além disso, o método em si pode ser facilmente adaptado para a realidade escolar, possibilitando trabalhar conhecimentos dentro de um contexto da química ambiental, permitindo ainda, desenvolver no aluno uma postura crítica e cidadã em relação às indústrias que poluem o meio ambiente com matérias orgânicas.

Deste modo, destacamos que o conteúdo de eletroquímica é relevante e pode contribuir para o entendimento de diversas situações diárias. Possibilitando a contextualização de conhecimentos científicos e tecnológicos a partir de questões sociais e ambientais. É, portanto, um conteúdo escolar que pode ser trabalhado em uma perspectiva investigativa com foco na educação ambiental.

Nesta direção, foi o conteúdo escolhido para ser abordado com os estudantes do 3º ano do ensino médio, quando do desenvolvimento de uma SD com experimentação, fundamentada no ensino por investigação.

1.2 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Um dos desafios dos professores é elaborar um plano de aula eficiente durante e após a execução da aula, escolhendo os conteúdos que serão trabalhados durante a mesma, de forma a alcançar os objetivos desejados, o que não configura uma tarefa fácil.

Uma forma de organizar os conteúdos que serão trabalhados em sala de aula para obter resultados plausíveis é a elaboração de uma SD, definida por Zabala (1998, p. 18) como “um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que tem um princípio e um fim conhecidos, tanto pelos professores como pelos alunos”.

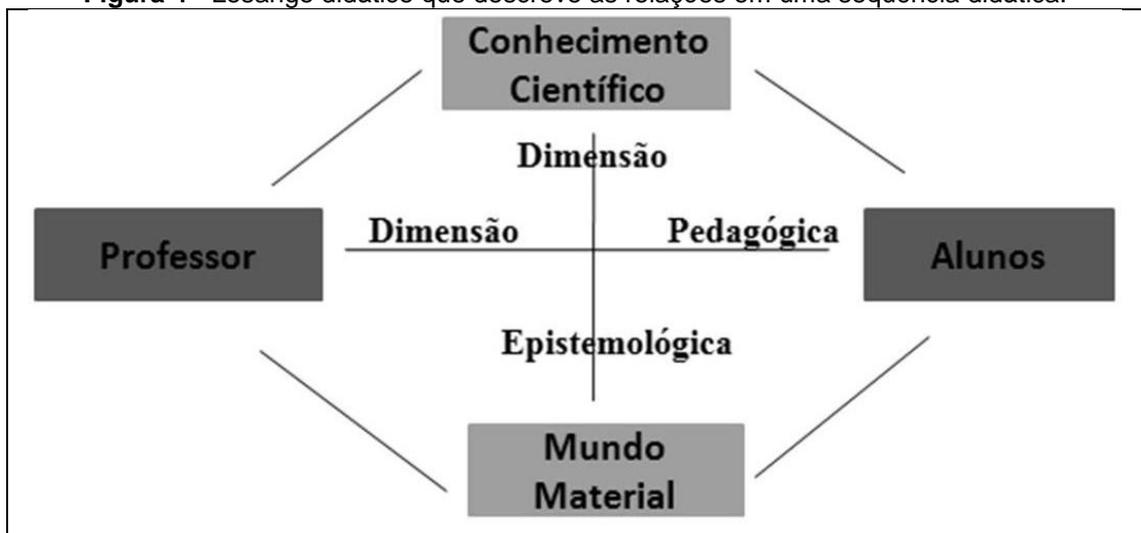
Para Araújo (2013, p. 323), a sequência didática é uma maneira ou um modo de organizar as atividades de ensino, que foram desenvolvidas, em função de temas e procedimentos.

De acordo com Méheut, (2005 Apud Alves, Cavalcanti e Simões Neto, 2018, p. 127) as sequências didáticas são utilizadas como instrumento de ensino e pesquisa, desde a década de 70 e podem ser entendidas como o conjunto de atividades intrinsecamente relacionadas entre si, organizadas e planejadas para ensinar determinado conteúdo.

Para Méheut, (2005 Apud Alves, Cavalcanti e Simões Neto, 2018):

“a sequência didática está na existência de quatro componentes que irão direcionar os caminhos para sua elaboração, são eles: professor, aluno, mundo material e conhecimento científico. Esses componentes se relacionam em duas dimensões que permeiam toda a sequência: a dimensão epistemológica e a dimensão pedagógica, compondo, junto aos elementos centrais, o losango didático que descreve as relações existentes em uma sequência didática, apresentado na figura 4” (MÉHEUT, 2005 Apud ALVES, CAVALCANTI E SIMÕES NETO, 2018, p. 127).

Figura 4 - Losango didático que descreve as relações em uma sequência didática.



Fonte: Mourato e Simões Neto (2015).

De acordo com as dimensões destacada por Méheut (2005), as intervenções pedagógicas realizadas no ambiente escolar devem estar associadas a temáticas vivenciadas no conhecimento científico.

Na dimensão epistemológica são determinadas as características do conhecimento a ser construído, onde estão contemplados os conteúdos que deverão ser ensinados e os possíveis problemas que eles podem ajudar a responder (ALVES, CAVALCANTI E SIMÕES NETO, 2018). Considerando também, os processos de elaboração, escolha dos métodos e validação do conhecimento científico, relacionados com o mundo material (ALVES, CAVALCANTI E SIMÕES NETO, 2018).

A dimensão pedagógica analisa as interações que se estabelecem entre o professor e seus alunos, assim como entre os próprios alunos. No funcionamento das relações de ensino e aprendizagem, em situações que apresentam sempre uma intencionalidade didática (ALVES, CAVALCANTI E SIMÕES NETO, 2018).

Desta forma, planejou-se a elaboração da SD considerando os seus elementos básicos: professor, aluno, mundo material e o conhecimento científico.

Portanto, diante do que foi discutido, fica claro que as sequências didáticas têm sido muito importantes na construção e organização do plano de aula de uma maneira geral, sendo uma ferramenta útil para nortear o trabalho dos professores.

1.3 EDUCAÇÃO AMBIENTAL

A educação ambiental surge, no início da década de 1970, como uma estratégia e, ao mesmo tempo, uma esperança para reverter o atual processo de degradação socioambiental que, pela primeira vez, ameaça a continuidade da vida no planeta (RODRIGUES, 2018).

De acordo com Carvalho (2008), a educação ambiental surge como uma resposta da educação às preocupações da sociedade com as questões ambientais; e, portanto, não pode ser totalmente compreendida sem levar em consideração as contribuições dos movimentos ecológicos.

Ainda segundo Carvalho (2008), os resultados e desdobramentos das grandes conferências sobre as questões ambientais no plano internacional influenciaram tanto a origem quanto a institucionalização da educação ambiental no Brasil.

De acordo com Sbazó Júnior (2010), entende-se por EA, o conjunto de ações que potencializam de maneira significativa a sensibilidade ambiental dos educandos, podendo ser formal ou informal.

No caso do processo formal, pode ser ministrada em diferentes disciplinas (Ex.: biologia, física, química, geografia, matemática e português), respeitando as especificidades de cada uma delas (SBAZÓ JÚNIOR, 2010).

Para Reis (2008), a EA como educação é compreendida a partir de pressupostos teóricos e práticos diferentes entre aqueles que a praticam.

Ainda, segundo Reis (2008), dentre as diferentes concepções, a EA pode ser definida como um processo político de apropriação crítica de conhecimentos, atitudes, valores e comportamentos para a construção, coletiva e participativa de uma sociedade sustentável.

De acordo com Cardoso (2011), trabalhar EA é importante, pois permite o desenvolvimento de uma educação voltada para a cidadania, visto que os alunos, por fazerem parte do meio ambiente, devem atuar como sujeitos corresponsáveis na defesa da qualidade de vida, de forma a fortalecer toda a cidadania, contribuindo, assim, para o sucesso de uma sociedade melhor.

Nesse sentido, Evangelho e Pinheiro (2010, p. 88) esclarecem que trazer para sala de aula, temas que envolvam questões ambientais, quando trabalhados de forma interdisciplinar, faz surgir debates críticos que apontem para a solução de problemas ecológicos.

Nessa direção, Jacobi (2005), reflete sobre a necessidade da formação de um professor reflexivo, que desenvolva suas práticas pedagógicas articuladas com as questões do meio ambiente, a fim de possibilitar que o educando se torne um ser mais atuante no cenário cuja participação poderá influir de modo significativo na justiça ambiental e social.

Assim, Jacobi (2005) explicita que:

A inserção da educação ambiental numa perspectiva crítica ocorre na medida em que o professor assume uma postura reflexiva. Isto potencializa entender a educação ambiental como uma prática político-pedagógica, representando a possibilidade de motivar e sensibilizar as pessoas para transformar as diversas formas de participação em potenciais fatores de dinamização da sociedade e de ampliação da responsabilidade socioambiental. Esta se concretizará principalmente pela presença crescente de uma pluralidade de atores que, por meio da ativação do seu potencial de participação, terão cada vez mais condições de intervir consistentemente e sem tutela nos processos decisórios de interesse público, legitimando e consolidando propostas de gestão baseadas na garantia do acesso à informação e na consolidação de canais abertos para a participação (JACOBI, 2005. p. 245)

De fato, o art. 2º da Política Nacional de Educação Ambiental brasileira (Lei n. 9.795, de 27 de abril de 1999) disciplina *in verbis* que: “a educação ambiental é um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não formal” (BRASIL, 1999).

Portanto, diante da breve discussão, acreditamos que é possível minimizar a lacuna existente nos currículos atuais, em relação à EA.

Fortalecer a EA no currículo atual da educação básica, inclusive na disciplina de química, a partir da contextualização dos conteúdos específicos com temas ambientais, está de acordo com as demandas globais, da ciência e tecnologia.

1.4 ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

Nesta seção, discutiremos o conceito do EI e suas etapas. Ensinar Ciências por investigação é um modo de aproximar as atividades escolares com a construção de conhecimentos científicos da Ciência. Essa perspectiva de ensino foi, primeiramente, proposta pelo educador e filósofo norte-americano John Dewey (1859-1952). (ROCHA, 2017).

Segundo Rocha (2017), em seu trabalho, para Dewey um ensino investigativo desenvolve o pensamento crítico, possibilita a compreensão da atividade científica e a assimilação dos conceitos científicos. Fazendo com que, o aluno adquira um corpo de conhecimentos científicos que o faz compreender as relações entre Ciência e sociedade.

O trabalho científico que permeia essa estratégia de ensino enseja uma participação ativa do aluno no processo de construção do conhecimento, características de um ensino construtivista.

Nesse contexto, surgem novas relações pedagógicas no ensino e aprendizagem, onde os alunos saem da passividade, adquirindo uma ação construtiva em sala de aula.

Carvalho (2018) define como ensino por investigação:

O ensino dos conteúdos programáticos em que o professor cria condições em sua sala de aula para os alunos pensarem, levando em conta a estrutura do conhecimento; falarem, evidenciando seus argumentos e conhecimentos construídos; lerem, entendendo criticamente o conteúdo lido; escreverem, mostrando autoria e clareza nas ideias expostas (CARVALHO, 2018, p. 766).

Segundo Sasseron (2015):

Como uma abordagem didática, o ensino por investigação demanda que o professor coloque em prática habilidades que ajudem os estudantes a resolver problemas a eles apresentados, devendo interagir com seus colegas, com os materiais à disposição e com os conhecimentos já sistematizados e existentes (SASSERON, 2015, p. 58).

Em suma, uma SD investigativa é o encadeamento de atividades e aulas em que um tema é colocado em investigação e as relações entre esse tema, conceitos, práticas e relações com outras esferas sociais e de conhecimento possam ser trabalhados (SASSERON, 2015).

Em consequência disso, quando avaliamos o ensino que propomos, não buscamos verificar somente se os alunos aprenderam os conteúdos programáticos, mas se eles sabem falar, argumentar, ler e escrever sobre esse conteúdo (CARVALHO, 2018).

Essa concepção reforça a ideia do EI como abordagem didática, pois denota o papel do professor de propositor de problemas, orientador de análises e fomentador de discussões, independente de qual seja a atividade didática proposta.

Para, Carvalho (2013), Azevedo (2009) e Sasseron (2015), o EI proporciona a valorização do conhecimento prévio como ponto de partida e encara o erro como uma conquista de experiência que permite ao aluno construir de maneira mais sólida o conhecimento, desenvolvendo e organizando as próprias idéias, valorizando as atividades em grupo e contemplando as discussões com seus colegas de sala e professores.

Nesta direção, Carvalho (2018) afirma que, uma SD investigativa tem por finalidade desenvolver conteúdos ou temas científicos com o uso de diferentes atividades investigativas (por exemplo: laboratório aberto, demonstração investigativa, textos históricos, problemas e questões abertas, recursos tecnológicos).

Ainda, segundo a autora, em qualquer dos casos, a diretriz principal de uma atividade investigativa é o cuidado do(a) professor(a) com o grau de liberdade intelectual dado ao aluno e com a elaboração do problema.

Esses dois conceitos – liberdade intelectual e elaboração de problemas – são essenciais para o professor criar condições em sala de aula para os alunos interagirem com o material e construïrem seus conhecimentos em uma situação de ensino por investigação (CARVALHO, 2018).

Carmo (2015), Bellucco e Carvalho (2013), destacam alguns pontos importantes na construção e planejamento de uma SD investigativa: a relevância da situação-problema, pois, precisa fazer parte do cotidiano do aluno; criar etapas para as explicações científicas; realizar atividades que exija a interação social para a

construção do conhecimento, pois, o estudante precisa ser estimulado a participar da ação; a importância da relação aluno-aluno e aluno-professor.

Adicionalmente, o EI em sala de aula, trabalha com a necessidade de um problema que leve os estudantes ao engajamento com formas de resolver uma situação conflitante. Ao mesmo tempo, a resolução de um problema é identificada e pode ser descrita como uma prática de ofício das ciências (SASSERON 2015).

E de acordo com Sasseron (2015), envolve a resolução de problemas, ações como, o controle de variáveis, o trabalho com hipóteses em sua concepção e teste, a análise de dados e resultados, o confronto de informações, a busca por explicações, o estabelecimento de validação e os processos de generalização.

Para Carvalho (2018), o problema se torna importante em atividades experimentais, introdutoras de conceitos ou sistematizadoras de dados que levarão a leis, quando procura relações entre outros conceitos já aprendidos e introduz nova proposta teórica na aprendizagem das Ciências.

Carvalho (2018) considera que, nas aulas experimentais um bom problema é aquele que dá condições para que os alunos:

- Passem das ações manipulativas às ações intelectuais (elaboração e teste de hipóteses, raciocínio proporcional, construção da linguagem científica);
- Construam explicações causais e legais (os conceitos e as leis).

Neste sentido, concordamos com os autores, quando enfatizam a importância do problema no desenvolvimento de uma atividade investigativa, considerando a cultura escolar dos estudantes, coerente com o grau de liberdade intelectual dado pelo professor.

Em relação ao grau de liberdade intelectual, Carvalho (2018), define como a criação de condições em sala de aula para que os alunos possam participar sem medo de errar.

Ainda segundo Carvalho (2018), é evidência nos cursos de formação e nas discussões dos artigos teóricos, que os professores defendem a participação dos alunos em suas aulas e concordam com a importância da liberdade intelectual.

O quadro 1, caracteriza os modelos metodológicos, passíveis de serem postos em execução, mostrando o grau de liberdade intelectual que o professor proporciona para seus alunos em atividades experimentais.

Quadro 1 - Graus de liberdade de professor (P) e alunos (A) em atividades experimentais.

	Grau 1	Grau 2	Grau 3	Grau 4	Grau 5
Problema	P	P	P	P	A
Hipóteses	P	P/A	P/A	A	A
Plano de trabalho	P	P/A	A/P	A	A
Obtenção de dados	A	A	A	A	A
Conclusões	P	A/P/Classe	A/P/Classe	A/P/Classe	A/P/Classe

FONTE: Carvalho, Ricardo, Sasseron, Abib, & Pietrocola, (2010, p. 55).

Em seu artigo, Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação, Carvalho (2018), descreve as características de cada grau de liberdade intelectual:

Onde o grau 1, representa o modelo de ensino diretivo, no qual, na aula de laboratório, o professor apresenta o problema e as hipóteses e mostra todos os passos do plano de trabalho, restando aos alunos somente acatar o receituário proposto. Por esse motivo, essas aulas são popularmente chamadas de “receitas de cozinha”.

Como os alunos têm que comprovar a teoria, as conclusões também já são conhecidas a priori. Tendo o conhecimento das conclusões e, portanto, de onde devem chegar a partir dos dados obtidos caso necessário, os alunos tendem a modificar seus dados originais para não errar frente ao professor. Caracterizando uma situação de ensino em que, além do conteúdo específico, os alunos podem aprender a não acreditar nos próprios dados.

O grau 2 representa ainda um ensino diretivo, mas com um professor mais aberto e participativo. Nesta situação, apesar de as hipóteses e o plano de trabalho serem apresentados pelo professor, eles são discutidos com os alunos.

Assim, é possível haver questões para que os alunos pensem porque fazer o que está sendo proposto, mas ainda é a resposta do professor que orienta o trabalho.

No grau 3, o professor propõe o problema e as hipóteses são discutidas com os alunos, mas são estes que buscam como fazer a experiência, sob a supervisão do professor, que retomará a discussão com os alunos quando da discussão das conclusões.

O grau 4, representa uma classe mais madura, na qual os alunos estão acostumados a trabalhar em grupo e a tomar decisões para resolver os problemas.

Entretanto, o papel do professor continua muito importante, uma vez que é ele quem propõe o problema a ser resolvido, discute algum aspecto com o grupo que solicitar e, no final, discute as conclusões. O problema deve estar relacionado ao contexto teórico estudado e as conclusões devem levar a uma visão mais profunda da teoria.

Diferentemente dos graus 1 e 2, quando o aluno procurava entender o raciocínio do professor, nos graus 3 e 4 é o aluno que está com a parte ativa do raciocínio intelectual. Um grupo pode errar, mas poderá ser o grupo que mais vai aprender, pois os alunos deste grupo terão de refazer o raciocínio buscando onde cometeram o engano.

Os graus 3 e 4 representam um ensino por investigação.

O grau 5, no qual o problema é escolhido e proposto pelo aluno ou grupo de alunos, é muito raro nos cursos fundamentais e médios. Encontramos, muito raramente, esses casos em Feiras de Ciências (CARVALHO, 2018, p. 768 - 769).

Após a definição do grau de abertura intelectual e da proposição do problema, vem a etapa da resolução do problema pelos estudantes.

Onde, segundo Carvalho (2013), o importante não é o conceito que se quer ensinar, mas, as ações que dão condições de fazer o levantamento e o teste das hipóteses para resolução do problema.

Sendo realizada em grupos, pois, temos que considerar as interações sociais, além das idéias que não deram certo, ou seja, o erro. E a partir dele, construir o conhecimento.

Em seguida, a etapa da sistematização dos conhecimentos elaborados pelos grupos, realizada em um primeiro momento coletivo, ou seja, um debate entre todos os alunos e o professor, compartilhando o que foi vivenciado na resolução do problema (CARVALHO, 2013).

No segundo momento, ocorre a sistematização individual através da escrita e do desenho, pois se apresentam como meios de aprendizagem que realça a construção pessoal do conhecimento (CARVALHO, 2013).

Como última etapa, Carvalho (2013), aponta a avaliação, que deve ter um caráter formativo, sendo um instrumento para conferir se está acontecendo a aprendizagem. Processo que exige uma mudança de postura do professor em relação à maneira de avaliar a aprendizagem dos alunos.

Portanto, à luz destes princípios, o importante é sair do paradigma do ensino mecânico para um ensino que amplie e aproxime os estudantes da alfabetização científica.

Não podemos deixar de comentar que, ao aplicar uma SD em uma perspectiva investigativa no ensino médio, sempre haverá cobranças se o aprendizado será aplicado no ENEM ou nos vestibulares, tendo em vista que, os alunos passarão por um processo seletivo para ingressar no ensino superior, e se o professor conseguirá concluir o conteúdo programático previsto pelo sistema educacional.

Nesta direção, considerando que a escola de uma maneira geral, sofre influência de muitos fatores e campos do saber, destacamos os trabalhos do epistemólogo Piaget e do psicólogo Vygotsky, no campo da aprendizagem.

1.5 A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO NAS PERSPECTIVAS DE PIAGET E VYGOTSKY

Em todo nível de escolaridade, seja do fundamental, médio ou superior, se queremos entender melhor o processo de ensino/aprendizagem, podemos ter como referência as teorias educacionais como base no desenvolvimento cognitivo e social humano.

Os autores/teóricos mais citados nesse foco são: Jean Piaget e Lev Semenovich Vygotsky. Esses pesquisadores mostraram, em suas obras, diferentes pontos de vista, conceituando como o ser humano edifica o conhecimento. Piaget se destacou pelo estudo do cognitivo e Vygotsky pelo social.

Para Carvalho (2013), ambos têm uma complementariedade entre suas idéias, quando aplicadas em diferentes momentos e situações de ensino-aprendizagem em sala de aula e que satisfaz a prática do Ensino de Química por Investigação.

Esta seção não tem como objetivo fazer um resumo das obras de Piaget e Vygotsky e sim apresentar como esses pesquisadores fundamentam a prática do Ensino por Investigação, como um meio de melhorar o processo de ensino e aprendizagem, através das teorias do construtivismo.

1.5.1 Teoria do desenvolvimento cognitivo de Lev Semenovich Vygotsky

Esta seção tem a finalidade de resumir a teoria do desenvolvimento cognitivo de L. S. Vygotsky, destacando aqueles aspectos que têm implicações mais claras para a aprendizagem e o ensino. Trata-se, sem dúvida, de uma abordagem superficial à sua obra.

A escolha da abordagem do conteúdo em sala é um dos pontos principais para um processo de aprendizagem bem sucedido, assim como, uma teoria a ser aplicada é extremamente complexa, devido às condições de trabalho e a demanda de quem a aplica.

Nessa pesquisa, a construção da sequência didática está potencialmente alinhada ao trabalho de Vygostky.

Vygotsky nasceu no final do séc. XIX, em uma cidade russa, Orsha. Graduou-se em Direito, mas especializou-se, e foi professor, em literatura e psicologia. Mais tarde, fez o curso de medicina e morreu aos 38 anos de idade (MOREIRA, 2017).

Em sua vida, dedicou-se, dentre outros estudos, ao fenômeno da aprendizagem e seu entendimento.

De acordo com o autor, "o aprendizado adequadamente organizado resulta em desenvolvimento mental e põe em movimento vários processos de desenvolvimento que, de outra forma, seriam impossíveis de acontecer". (VYGOTSKY, 1991b, p. 101).

O aprendizado, em sua perspectiva, é fruto das interações entre o indivíduo e o meio, não de forma aleatória, mas organizada e mediada. Por exemplo, uma criança necessita interagir com o meio, escutar sons, tatear superfícies, provar sabores para aprender onde deve ir e aonde não ir, sabores que gosta ou não gosta, ou até mesmo o som do perigo (MOREIRA, 2017).

No entanto, segundo Vygotsky esse aprendizado não ocorre diretamente entre o indivíduo e o objeto, uma vez que existem filtros entre este e o ambiente. Uma criança utiliza de um copo para beber água e um apoio como uma cadeira para alcançar algo sobre a mesa.

Ou seja, o desenvolvimento cognitivo do ser humano não pode ser entendido sem referência ao meio social.

Vygotsky denomina esses filtros de intermédios, os quais são fundamentais para o desenvolvimento de processos mentais superiores, ou habilidade de planejar, prever, organizar e tomar decisões. A esse conjunto de experiências o autor conceitua como aprendizagem mediada.

A aprendizagem mediada é baseada no uso de mediadores no processo de aprendizagem. Esses mediadores são distintos em dois grupos: os instrumentos e os signos.

O primeiro tipo, os instrumentos, são objetos que se posicionam entre o indivíduo e o meio, possibilitando ampla possibilidade de interação e modificação do meio.

O segundo tipo, os signos, é de caráter humano e refere-se a elementos como a linguagem, a exemplo, que comporta símbolos, os quais representam coisas ou objetos (MONROE, 2018).

Uma placa de trânsito com uma mão aberta e uma faixa vermelha cruzando-a também é um exemplo de símbolo, que representa uma situação que é automaticamente projetada em sua mente: devo parar diante deste sinal.

Ainda de acordo com Monroe (2018), o fato do homem ser capaz de desenvolver símbolos que substituam e representem situações ou objetos é um traço evolutivo de extrema importância.

Essa capacidade, para Marta Kohl de Oliveira (*apud* MONROE, 2018, s. p.) "possibilita libertar-se do espaço e do tempo presentes, fazer relações mentais na ausência das próprias coisas, fazer planos e ter intenções".

De acordo com Vygotsky (1991b), essa característica é importante, pois permite que a aprendizagem seja construída a partir de experiências vividas por outro indivíduo, em um processo de interação promovido face a face.

Dessa forma, para que haja aprendizagem, é necessária a presença de, no mínimo, dois indivíduos trocando experiências diversas. Assim, a interação gera troca de experiências e conhecimento tornando a aprendizagem uma experiência social.

No entanto, Vygotsky evidencia que, para que o processo de aprendizagem ocorra de forma significativa, ele deve ocorrer na chamada zona de desenvolvimento proximal (ZDP).

A ZDP é o ambiente que concentra o que o indivíduo já possui como conhecimento construído, bem como sua capacidade mental de aprendizagem.

O processo de aprendizagem possui um intervalo de ocorrência dentro da ZDP, o qual é compreendido entre aquilo que o indivíduo consegue realizar sozinho, a partir do seu conhecimento adquirido, e aquilo que ele necessita de auxílio, pois não domina o conhecimento.

Esse intervalo caracteriza o seu potencial de aprendizagem. Nesse momento, é possível incluir o papel do professor como mediador, o qual criará situações que permitam sua intervenção no intuito de auxiliar o aluno a resolver situações localizadas no limiar da sua ZDP, permitindo, assim, que o conhecimento seja efetivado, além de expandir a ZDP, permitindo que o aluno crie um progresso ilimitado.

De acordo com Oliveira (2011, p. 59), “a escola é um ambiente propício à aprendizagem se o trabalho for executado de forma planejada e todas as saídas do labirinto da aprendizagem estiverem cercadas. Exercendo também, um papel essencial na promoção do desenvolvimento psicológico dos indivíduos.”

Ainda segundo Oliveira (2011), o professor, como membro mais experiente do processo, deve conduzir as situações de forma a conhecer o caminho por onde as discussões devem percorrer e como atuar de forma a permitir que os alunos sejam sempre protagonistas de suas próprias histórias no caminho laborioso da descoberta do conhecer.

Para desenvolver essa metodologia em sala de aula, o professor deve ter em seu repertório pedagógico situações que incentivem, desafiem e facilitem o desenvolvimento individual de seu aluno.

Uma das formas principais de alcançar essa metodologia de trabalho é o trabalho coletivo, permitindo a discussão entre os membros do grupo. A troca de experiências auxilia no processo de argumentação, além de permitir que um aluno aprenda com a experiência do outro.

No entanto, devemos lembrar que o processo de aprendizagem é subjetivo, afetando, portanto, cada indivíduo de maneira particular.

A capacidade de mediação do professor deve ter a delicadeza de perceber o momento de iniciar e de terminar o trabalho em grupo para permitir que o aluno interprete, compreenda e construa seu próprio conhecimento a respeito da situação vivenciada.

Para Carvalho (2013), cabe reflexões, com base nas teorias de Vygotsky, ao relacionar com o ensino por Investigação buscando fundamentos através de dois temas desenvolvidos em seus trabalhos. Os quais são: as mais elevadas funções mentais do indivíduo em processos sociais, que modificam a relação/interação entre os alunos e professor; e demonstram que os processos sociais e psicológicos se firmam através de ferramentas, artefatos culturais que fazem parte da interação entre os indivíduos e o mundo físico (CARVALHO, 2013).

Azevedo (2009), Bellucco e Carvalho (2013), Carvalho (2013), Carvalho e Sasseron (2015) concordam com Lev Vygotsky ao afirmar que as relações sociais na sala de aula são aceitas como base do desenvolvimento cognitivo do aluno para a construção do conhecimento.

1.5.2 Teoria do desenvolvimento cognitivo de Jean Piaget

As pesquisas piagetianas ao procurarem entender como o conhecimento, principalmente o científico, é construído pela humanidade, na busca da compreensão de sua epistemologia, partiram da observação de entrevistas com crianças e adolescentes, com faixa etária semelhante a dos estudantes (CARVALHO, 2013).

Foram utilizados, conteúdos próximos aos propostos pelos currículos de ciências, que segundo Carvalho (2013) contribuíram com ensinamentos que orientam os professores, no planejamento das sequências didáticas e em suas atitudes em sala de aula.

Dentro da teoria construtivista, na qual o conhecimento humano é visto como construção do homem, de forma individual ou coletiva, a teoria do desenvolvimento cognitivo de Jean Piaget (1896 – 1980) é a mais conhecida e mais influente.

De acordo com Costa (2017), o biólogo, psicólogo e epistemólogo suíço, Piaget propôs um campo de investigação chamado epistemologia genética, baseada no desenvolvimento biológico do ser humano.

Ainda segundo Costa (2017), Piaget distingue quatro períodos gerais de desenvolvimento cognitivo: i) sensório-motor (do nascimento até cerca de dois anos); ii) pré-operacional (dos dois aos seis ou sete anos); iii) operacional concreto (de sete ou oito anos até 11 ou 12 anos) e iv) operacional-formal (de 11 ou 12 anos até à idade adulta).

Relacionar cada etapa acima supracitada foge ao escopo do presente trabalho, mas em suma, a criança descentraliza suas ações em relação ao seu eu, ao passo que vai entrando num mundo de várias perspectivas.

Aos poucos, o pensamento vai se organizando, sendo capaz de fazer certos raciocínios lógicos, baseada em hipóteses, as quais evoluem de concretas para verbais.

As crianças podem atingir cada período com idades diferentes daquelas previstas e também que a passagem de um período para outro não acontece de maneira abrupta. Porém, o mais importante é que a ordem dos períodos é invariante, isto é, todo adulto passou pelos períodos cognitivos da teoria piagetiana.

Em cada período cognitivo, a criança gradualmente se insere nas regras, valores e símbolos da maturidade psicológica, através de três mecanismos: assimilação, acomodação e equilíbrio.

Segundo Moreira (2017), ao abordar a realidade, o organismo humano constrói esquemas mentais de assimilação. Quando a mente assimila, o organismo incorpora aos seus esquemas de ação aquela realidade assimilada.

Quando isso não ocorre, é porque os esquemas de ação do indivíduo não conseguiram assimilar aquela situação, existindo então duas possibilidades: ou ele desiste ou ele se modifica, isto é, constrói novos esquemas de assimilação.

Neste último caso, diz-se que houve uma acomodação, pois, a mente humana reestruturou sua maneira de assimilar. Então, um processo de adaptação marca um equilíbrio entre a assimilação e a acomodação, visto que novas experiências, não assimiláveis, levam a novas acomodações e novos equilíbrios na cognição do indivíduo, de forma que este processo de equilíbrio majorante (como chamava Piaget) acontece até o período das operações formais (adolescência) e até mesmo na idade adulta, em algumas áreas do pensamento humano.

Ainda segundo Moreira (2017), a teoria de Piaget não é a rigor uma teoria de aprendizagem, mas uma teoria do desenvolvimento da mente humana. O próprio evitava o termo aprendizagem, preferindo falar em “aumento de conhecimento”. Entretanto, pode-se afirmar que de acordo com a teoria piagetiana, a aprendizagem só ocorre quando acontece a acomodação, ou seja, quando a estrutura cognitiva do indivíduo se reestrutura a partir dos esquemas de assimilação existentes, algo que resulta em novos esquemas de assimilação.

Isso se aplica ao ensino e aprendizagem de forma que a escola e o professor estejam sempre atentos a provocar desequilíbrios na mente da criança, buscando a equilíbrio majorante dela, de forma que se reestruture cognitivamente e assim, aprenda. Ressaltamos, também, que o ensino esteja compatível com o nível de desenvolvimento mental em que a criança ou adolescente está.

Moreira (2017, p.104) ainda destaca, que outra consequência da teoria de Piaget para o ensino é a de “que ele deve ser acompanhado de ações e demonstrações e, sempre que possível, deve dar aos alunos a oportunidade de agir (trabalho prático)”.

Segundo Kubli (1979 apud Moreira, 2017, p. 104), “estas ações devem, sempre estar integradas à argumentação, ao discurso, do professor”, pois somente assim o conhecimento é produzido.

Na prática da experimentação em química para estudantes de Ensino Médio, a teoria de Piaget pode fornecer alguns subsídios ao professor e à própria prática.

Considerando que esses estudantes matriculados nos cursos regulares, estão na fase da adolescência, será comum que os mesmos estejam numa transição do período das operações concretas para o período das operações formais. Isso significa que nessa faixa etária, a capacidade de realizar pensamentos hipotético-dedutivos e de abstrair, ainda estão sendo consolidadas.

E já que a disciplina de química exige, em certo grau, algumas abstrações e hipóteses formais (não concretas), o que pode decorrer em pouco ou nenhum aprendizado.

Por isso, é importantíssimo o papel da experimentação, mostrar através do concreto e palpável, a explicação ou descrição de um fenômeno, expresso, na maioria das vezes, em uma linguagem lógico - matemática.

Considere-se que, somente mostrar o experimento e depois explicar uma lei da química, sem fazer uma conexão lógica entre eles e o cotidiano do estudante, pode não levar a um aprendizado satisfatório. Pois, nem sempre acontecerá as etapas de assimilação/acomodação/equilibração majorante, espontaneamente.

Assim, é necessário o discurso orientador do professor para que se aproxime, dessa forma, da construção do conhecimento.

Portanto, considerando as idéias de Piaget com o EI, fica claro que, em uma SD com potencial para promover o processo de equilibração majorante, deve existir uma situação-problema, que dialogue com os conhecimentos prévios dos alunos, sendo o ponto de partida para a aprendizagem.

1.6 SITUAÇÃO - PROBLEMA

Uma SP, segundo Meirieu (1998 p.192), “é uma situação didática, na qual, se propõe ao sujeito uma tarefa que ele não pode realizar sem efetuar uma aprendizagem precisa. Esta aprendizagem que consiste o verdadeiro objetivo da situação-problema se dá ao vencer um obstáculo na realização da tarefa”.

O processo de ensino e aprendizagem pautados na resolução de situações-problemas pretende desenvolver nos estudantes a capacidade de elaborar estratégias e habilidades. Para que se possa adquirir instrumentos e conhecimentos capazes de desenvolver atitudes no contexto escolar, de maneira que o aluno possa participar e cooperar em atividades humanas e sociais.

Nesta direção, concordamos com Pozo (1998), no sentido que, estratégias didáticas baseadas em SP deveriam nortear as diversas áreas do currículo escolar:

[...] orientar o currículo para a solução de problemas significa procurar e planejar situações suficientemente abertas para induzir nos alunos uma busca e apropriação de estratégias adequadas não somente para darem resposta a perguntas escolares como também às da realidade cotidiana (POZO, 1998, p. 14).

O uso de SP no ensino vem sendo muito trabalhado, o que podemos evidenciar nos artigos publicados nos periódicos da área. Podemos citar, por exemplo, Lacerda, Campos e Marcelino (2012), que elaboraram e aplicaram uma SP, relacionada com a temática agricultura e os conceitos de mistura, substância simples, substância composta e elemento químico, aos alunos do primeiro ano do ensino médio de uma escola pública de Recife (PE).

Destacamos também, o trabalho de Tomaz, Silva e Simões Neto (2019), que analisaram como uma proposta didática baseada na resolução de uma SP auxilia na abordagem da polaridade das ligações químicas, considerando a água como tema gerador. Na mesma direção, Bertolin e Gomes (2019) elaboraram e aplicaram uma oficina com o uso de uma SP para abordar os conceitos de ácidos, bases e pH.

Assim, podemos considerar que esta estratégia pode ajudar na promoção do conhecimento químico, proporcionando o desafio, a instigação, a criação, entre outras habilidades. Que põe à prova, a capacidade de criar, de decodificar informações, de relacionar e planejar procedimentos adequados para a resolução da situação proposta ao aluno.

Diante do que foi exposto, será possível verificar no capítulo a seguir o percurso metodológico desenvolvido para responder à questão de pesquisa do presente estudo. Objetivando que os sujeitos participantes adquiram conhecimentos a respeito da eletroquímica, a partir de uma sequência didática com atividades experimentais investigativas.

CAPÍTULO 2. METODOLOGIA

Neste capítulo, apresentamos os aspectos metodológicos da pesquisa. Seguimos a abordagem qualitativa dos dados, visto que, segundo André (2012), as análises realizadas tomaram por base os dados de escrita, a observação das ações e as atividades realizadas pelos sujeitos, participantes da pesquisa, durante a aplicação da SD, na perspectiva de alcançar os objetivos deste estudo.

Segundo Oliveira (2005):

“A pesquisa qualitativa pode ser caracterizada como sendo uma tentativa de se explicar em profundidade o significado e características do resultado das informações obtidas através de entrevistas ou questões abertas, sem a mensuração quantitativa de características ou comportamento” (OLIVEIRA, 2005, p. 66).

Embora, como complemento das análises tenha considerado dados quantitativos, ao discutirmos os resultados.

Como técnica de pesquisa, adotamos o estudo de caso, visto que “o caso escolhido para a pesquisa é significativo e bem representativo, de modo a ser apto a fundamentar uma generalização para situações análogas, autorizando inferências” (SEVERINO, 2016, p.128).

O trabalho apresentado propõe uma abordagem para o ensino da eletrólise, a partir de uma SD de cunho investigativo com o uso da experimentação, utilizando materiais de baixo custo para a resolução de uma SP. Passível de aplicação em salas de aula, não necessitando de um laboratório para execução dos procedimentos experimentais.

2.1 O CONTEXTO DA PESQUISA

A pesquisa foi desenvolvida nas dependências da Escola de Referência em ensino médio Emiliano Pereira Borges (EREM EPB), que funciona em horário semi-integral. Onde os estudantes permanecem com aulas em dois turnos, manhã e tarde, durante dois dias letivos e no turno da manhã nos demais dias.

A EREM EPB está sob jurisdição da Gerência Regional de Educação da Mata Norte, vinculada à Secretaria de Educação do Estado de Pernambuco. Fica localizada no município de Ferreiros, onde, o pesquisador, autor deste trabalho, exerce suas atividades laborais, o que facilitou o acesso aos estudantes para o convite de participação na pesquisa, o desenvolvimento da SD e a coleta dos dados.

A referida escola, não dispõe de laboratório para realização de aulas práticas, possuindo, apenas alguns itens de materiais de laboratório. Motivo pelo qual, além da sala onde habitualmente acontecem as aulas, utilizamos outros espaços para aplicação da SD.

2.2 OS SUJEITOS PARTICIPANTES

Em torno de 30% dos estudantes matriculados são provenientes da zona rural, enquanto os demais residem na zona urbana, segundo dados da secretaria da EREM EPB.

De acordo com a organização curricular do Estado de Pernambuco, o conteúdo de eletroquímica é comumente ministrado no 3º ano do Ensino Médio. A pesquisa foi realizada com esta série, turma B, na escola em questão. Um total de 28 alunos, com idade entre 17 e 19 anos, participou da pesquisa.

2.3 INSTRUMENTOS UTILIZADOS PARA COLETA DE DADOS

Para Minayo (2017), o pesquisador deve prestar atenção aos procedimentos de coleta de dados, para produzir entendimento além daquilo que se pergunta, averiguando e obtendo qualidade das ações e interações ao longo de todo processo formativo.

Nesta pesquisa foram utilizados três instrumentos de coleta de dados, a saber: questionários, videogravação e a observação participante.

Sobre o instrumento questionário, Gil (1999, p. 121), descreve que ele pode ser definido “como a técnica de investigação composta por um conjunto de questões que são submetidas a pessoas com o propósito de obter informações sobre conhecimentos, crenças, sentimentos, valores, interesses, expectativas etc.”

Segundo Cunha e Silva (2009), o modelo do questionário a ser aplicado depende do tipo de observação que se pretende realizar.

Quanto à videogravação, segundo Bauer e Gaskell (2014, p. 149), o registro em vídeo se torna imprescindível “sempre que algum conjunto de ações humanas é complexo e difícil de ser descrito compreensivamente por um único observador, enquanto este se desenrola”.

Segundo Marconi e Lakatos (2009, p. 79), a observação participante como instrumento de coleta de informações “[...] consiste na participação real do pesquisador com a comunidade ou grupo [...]”. A observação ajudou a avaliar a experiência vivenciada na sala de aula a partir da perspectiva do professor-pesquisador.

Os dados coletados e a participação na pesquisa foram devidamente autorizados pelos responsáveis dos estudantes, através da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), apresentado no apêndice A. Pelo qual damos ciência aos participantes da utilização de fotos/filmagens e que seus dados da identificação seriam confidenciais.

2.4 PERCURSOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa foi realizada a partir de seis etapas metodológicas, considerando o que discutimos na fundamentação teórica, as quais foram: avaliação diagnóstica (etapa 1); proposição do problema e definição do grau de liberdade intelectual (etapa 2); resolução do problema pelos estudantes (etapa 3); sistematização dos conhecimentos, momento coletivo (etapa 4); sistematização dos conhecimentos, momento individual (etapa 5); avaliação (etapa 6).

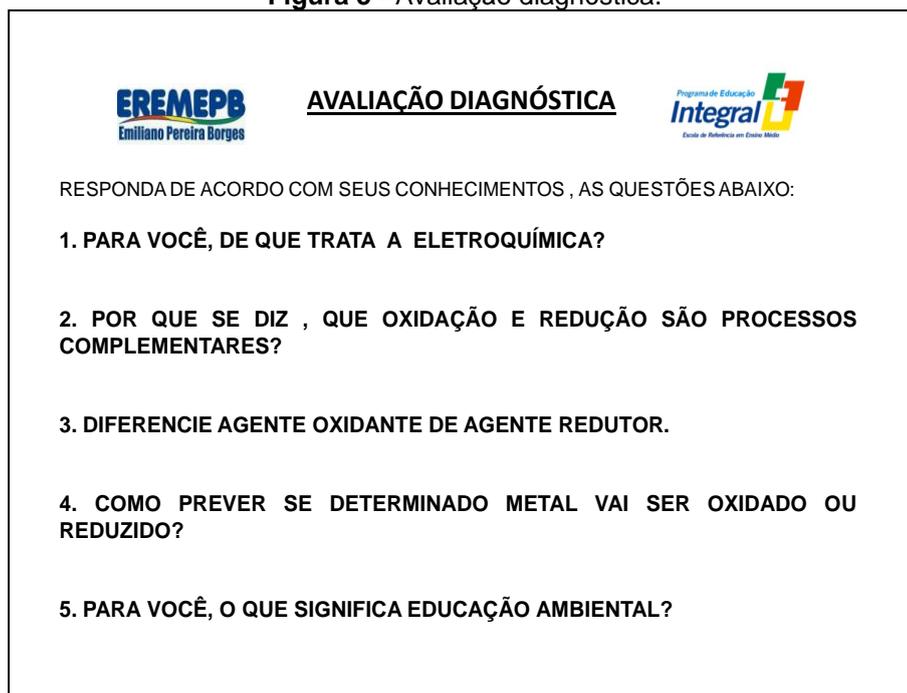
2.4.1 Avaliação diagnóstica (etapa 1)

Como etapa inicial da SD, no dia 12/03/19, terça-feira, aplicamos uma avaliação diagnóstica de forma individual, figura 5, com os alunos. Que consiste em um questionário (apêndice B) com cinco questões abertas, sendo quatro envolvendo os conceitos de eletroquímica e uma sobre o conceito de educação ambiental. Que fazem parte do tema das situações-problema elaboradas.

Com o objetivo de realizar o levantamento dos conhecimentos prévios, e ao mesmo tempo um resgate, em relação aos conceitos fundamentais de eletroquímica e a concepção de educação ambiental.

Registramos que, a turma já havia iniciado o estudo da eletroquímica, desde a abordagem histórica até as células galvânicas, há aproximadamente trinta dias.

Figura 5 - Avaliação diagnóstica.



The image shows a slide titled "AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA" (Diagnostic Assessment). At the top left is the logo for "EREMEPB Emílio Pereira Borges". At the top right is the logo for "Programa de Educação Integral Escola de Referência em Ensino Médio". The main text on the slide reads: "RESPONDA DE ACORDO COM SEUS CONHECIMENTOS, AS QUESTÕES ABAIXO:" followed by five numbered questions in Portuguese. The questions are: 1. PARA VOCÊ, DE QUE TRATA A ELETROQUÍMICA? 2. POR QUE SE DIZ, QUE OXIDAÇÃO E REDUÇÃO SÃO PROCESSOS COMPLEMENTARES? 3. DIFERENCIE AGENTE OXIDANTE DE AGENTE REDUTOR. 4. COMO PREVER SE DETERMINADO METAL VAI SER OXIDADO OU REDUZIDO? 5. PARA VOCÊ, O QUE SIGNIFICA EDUCAÇÃO AMBIENTAL?

Fonte: AUTOR, 2019.

Utilizamos um projetor de slides para apresentar o questionário e solicitamos que individualmente atribuíssem as respostas em uma folha e ao final devolvessem.

Importante salientar que oito alunos não estavam presentes, por falta do transporte escolar. Utilizamos uma aula de 50 minutos para desenvolver a atividade.

2.4.2 Proposição do problema e definição do grau de liberdade intelectual (etapa 2)

No dia 13/03/19, quarta-feira, utilizamos uma aula de 50 minutos para realizarmos a formação de dois grandes grupos com 14 alunos, identificados como grupos A e B. Visto que, existia uma limitação de materiais para a realização da parte experimental, não permitindo o agrupamento com um número menor de membros.

Esse momento aconteceu na sala de aula onde, cotidianamente, a turma participa das atividades escolares. No qual, apresentamos as duas situações-problema.

Inicialmente, com o objetivo de contextualizar, realizamos a exibição de um vídeo do youtube, intitulado “olha a situação do rio Capibaribe!!!” (OLHA, 2017). Referente a uma reportagem sobre a poluição causada pelo lançamento de rejeitos, do setor têxtil, no rio Capibaribe, no agreste de Pernambuco. Em seguida, conforme o apêndice C, propomos a primeira situação-problema, figura 6.

Figura 6 – 1ª situação-problema.



1ª SITUAÇÃO - PROBLEMA



UMA INDÚSTRIA TÊXTIL FOI NOTIFICADA PELOS ÓRGÃOS FISCALIZADORES DEVIDO AO LANÇAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS, SEM TRATAMENTO, NO RIO.
 UTILIZANDO OS CONCEITOS DE ELETROQUÍMICA E DISPONDO DOS MATERIAIS RELACIONADOS ABAIXO, COMO PODEMOS REALIZAR O TRATAMENTO DOS EFLUENTES ORIGINADOS?

MATERIAIS:

- BATERIA RECARREGÁVEL 9 V.
- BÉQUER DE 250 ML.
- ERLENMEYER.
- FILTRO DE PAPEL.
- FIOS DE COBRE COM GARRAS TIPO JACARÉ.
- CLIPES DE FERRO.

Fonte: AUTOR, 2019.

Na sequência, apresentamos uma notícia jornalística de um sitio da internet, figura 7, referente ao despejo de resíduos, provenientes de um matadouro público, sem tratamento no rio Capibaribe (GLOBO.COM, 2010). Como forma de contextualizar a segunda situação-problema.

Logo em seguida, apresentamos, conforme o apêndice D, a segunda situação-problema, figura 8.

Figura 7 - Notícia sobre o despejo de resíduos no rio Capibaribe.

g1.globo.com/Noticias/Bra

globo.com notícias esportes entretenimento vídeos

central globo.com assine a globo.com todos os sites

/ brasil / poluição

25/03/10 - 16h40 - Atualizado em 25/03/10 - 18h37

Matadouro despeja resíduos em rio de Pernambuco

Prefeito de Santa Cruz do Capibaribe diz que vai transferir estabelecimento. Novo terreno terá área para tratamento de esgoto.

Do G1, em São Paulo, com informações da TV Asa Branca

Um matadouro público do município de Santa Cruz do Capibaribe, em Pernambuco, despejou resíduos no Rio Capibaribe. A água chegou a ficar vermelha por causa do sangue dos animais. A informação foi confirmada ao **G1**, nesta quinta-feira (25), pelo prefeito Antônio Figueroa.

A água do rio segue para um reservatório. Cerca de 500 mil pessoas usam a barragem como fonte de abastecimento. Segundo o prefeito, a água da barragem não foi contaminada e não há riscos para a população.

Figueroa afirmou que pretende transferir o matadouro para outro terreno. "Ele foi construído há 20 anos, na época não tinha estrutura. O lugar era uma fábrica e somente depois de alguns anos foi transformado em matadouro. No novo terreno, haverá um local para o tratamento dos resíduos", afirmou.

G1 especiais

- Diminua Página
- Blog e Colunas
- Brasil
- Carros
- Ciência e Saúde
- Cinema
- Concursos e Emprego
- Economia e Negócios
- Esporte
- Mundo
- Música
- Planeta Bizarro
- Política
- Pop & Arte
- Rio de Janeiro
- São Paulo
- Tecnologia e Games
- VC no G1
- Vestibular e Educação
- Vídeos
- Todas as notícias

G1 especiais

- Carnaval 2011
- Virada de Ano
- Mais especiais

serviços

- Guia Cultural RJ
- Guia Cultural SP
- Downloads
- Indicadores financeiros
- G1 no seu celular
- Newsletter
- RSS
- Previsão do tempo
- Trânsito e Rotas
- Fale Conosco

plantação

13h33 | amazônia
Índice rural aquecem no mercado de carbono para conservar sua terra em RO

12h48 | amazônia
Expedição faz levantamento inédito do Parque do Serra do Parícuti, no Pará

primeira página

Liminar da Justiça Federal suspende leião de Belo Monte

Se há fazer armas nucleares, tens que serca diz Lula

Racing e Corinthians

Chuva mata dois e deixa 18 cidades em emergência no Bahia

Mortes no ano por terremotos somam mais de 225 mil

Fonte: Globo.com (2010).

Figura 8 – 2ª situação-problema.

EREMEPB
Emiliano Pereira Borges

2ª SITUAÇÃO - PROBLEMA

Integral
Programa de Educação
Estado de Pernambuco em Ensino Médio

UM MATADOURO PÚBLICO FOI NOTIFICADO PELO ORGÃO FISCALIZADOR, DEVIDO AO DESPEJO DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS, SEM TRATAMENTO NO RIO.

UTILIZANDO OS CONCEITOS DE ELETROQUÍMICA E DISPONDO DOS MATERIAIS RELACIONADOS ABAIXO, COMO PODEMOS REALIZAR O TRATAMENTO DOS EFLUENTES ORIGINADOS?

MATERIAIS:

- BATERIA RECARREGÁVEL 9 V.
- BÉQUER DE 250 ML.
- ERLENMEYER.
- FILTRO DE PAPEL.
- FIOS DE COBRE COM GARRAS TIPO JACARÉ.
- CLIPES DE FERRO.

Fonte: AUTOR, 2019.

Por fim, descrevemos as próximas etapas a serem desenvolvidas na SD.

Consideramos diante do que foi discutido e conforme Carvalho (2018), que as situações-problema elaboradas e propostas estão enquadradas no grau 3, em

relação à liberdade intelectual dada aos alunos pelo professor em atividades experimentais.

2.4.3 Resolução do problema pelos estudantes (etapa 3)

Nesta etapa, realizada no refeitório da escola, os alunos em grupo, figura 9, foram convidados a testar experimentalmente as hipóteses trazidas por eles, para a resolução dos problemas. Utilizando os materiais disponibilizados, relacionados no quadro 2.

Figura 9 - Equipe de alunos discutindo as hipóteses – Grupo A.



Fonte: AUTOR, 2019.

Previamente, foram preparadas duas simulações de amostras de efluentes, onde o procedimento realizado e o material utilizado na preparação, em ambas as amostras, foram devidamente compartilhados com os dois grupos de alunos.

A primeira amostra, (figura 10), simulando um efluente da indústria têxtil, foi preparada a partir da dissolução de corante para tecido e sal de cozinha em água.

A segunda amostra, (figura 11), simulando um efluente de um matadouro público, rico em resíduos orgânicos. Foi preparada pela adição de sal de cozinha, óleo de soja e detergente, em água. Formando uma emulsão água/óleo.

Quadro 2 – Materiais utilizados na aula experimental.

Imagem dos materiais	Descrição do material
	Béquer de 250 mL
	Erlenmeyer
	Funil de vidro
	Óleo de soja
	Detergente
	Corante para tecido
	Sal de cozinha
	Baterias de 9 V
	Fio de cobre com garras tipo jacaré
	Clipes de ferro
	Filtro de papel para café

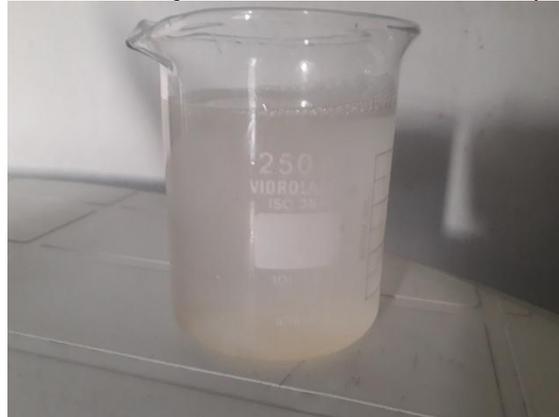
Fonte: AUTOR, 2019.

Figura 10 - Simulação de efluente da indústria têxtil.



Fonte: AUTOR, 2019.

Figura 11 - Simulação de efluente de matadouro público.



Fonte: AUTOR, 2019.

Destacamos que, não foi fornecido nenhum procedimento experimental para a aula. Cabendo aos grupos, com mediação do professor-pesquisador em alguns momentos, decidir sozinhos como realizar a montagem experimental.

Nesta etapa foram necessárias duas aulas de 50 minutos, para a realização dos testes experimentais pelos dois grupos. Desenvolvidas no dia 20/03/19, quarta-feira, conforme registro em videogravação.

2.4.4 Sistematização dos conhecimentos, momento coletivo (etapa 4)

Realizada no dia 26/03/19, terça-feira, com a utilização de uma aula de 50 minutos, esta etapa consistiu na discussão e socialização, no grande grupo, do que foi vivenciado na resolução do problema.

Todos os participantes foram convidados a compartilhar o que foi observado no experimento e discutido entre os membros do grupo.

Nesse momento, o professor-pesquisador exerce um papel importante, pois permanece mediando o debate entre todos. Exigindo uma mudança de postura em relação à maneira de avaliar, conforme já discutimos segundo Carvalho (2013).

A partir dessa perspectiva foram questionados: “como vocês fizeram para resolver o problema?”. Continuamos questionando os alunos: “por que deu/não deu certo?”.

Após as discussões, encerramos esta etapa e comunicamos que haveria outro momento no dia seguinte. Salientamos que, utilizamos a videogravação como instrumento de registro da referida etapa.

2.4.5 Sistematização dos conhecimentos, momento individual (etapa 5)

Esta etapa é caracterizada pelo individualismo, em relação à sistematização do que foi vivenciado até aqui. Realizamos na primeira aula de 50 minutos, do dia 27/03/19, quarta-feira.

Solicitamos aos alunos, que individualmente respondessem um questionário, figura 12, constituído de quatro questões elaboradas pelo professor-pesquisador. Conforme apresentado no apêndice E.

Onde, duas questões estão relacionadas com o desenho e duas com a escrita, oportunizando a construção pessoal do conhecimento, de acordo com o que já foi discutido, segundo Carvalho (2013).

Figura 12 - Questionário individual.



EREMEPB
Equilíbrio Para Todos Sempre

QUESTIONÁRIO INDIVIDUAL



Integral
Programa de Educação
Básica de São Paulo

RESPONDA O QUE SE PEDE, EM RELAÇÃO ÀS QUESTÕES ABAIXO:

1. FAÇA UM DESENHO DA MONTAGEM EXPERIMENTAL REALIZADA NA RESOLUÇÃO DA 1ª SITUAÇÃO-PROBLEMA.
2. ESBOCE UM DESENHO DO EXPERIMENTO REALIZADO PARA A RESOLUÇÃO DA 2ª SITUAÇÃO-PROBLEMA.
3. O QUE SE OBSERVA EM CADA ELETRODO?

 _____

 _____
4. EQUACIONE AS SEMI-REAÇÕES QUE ESTÃO OCORRENDO NA CÉLULA ELETROLÍTICA E A EQUAÇÃO GLOBAL DO PROCESSO.

 _____

 _____

Fonte: AUTOR, 2019.

Finalizada a atividade, agendamos para a aula seguinte realizada no mesmo dia, visto que tivemos outra aula de 50 minutos, uma avaliação sobre o tema trabalhado. Cabe registrar, que aconteceram seis ausências, por motivos diversos, nesse dia.

2.4.6 Avaliação (etapa 6)

Esta etapa, realizada no dia 27/03/19, quarta-feira, em uma aula de 50 minutos, equivalente à última da SD.

Consistiu em um questionário misto (apêndice F), que foi estruturado com cinco questões conforme a figura 13, aplicado a todos os presentes da turma, individualmente.

Figura 13 – Avaliação.

	AVALIAÇÃO	
<p>1. AS REAÇÕES OBSERVADAS NO EXPERIMENTO OCORREM DE MANEIRA ESPONTÂNEA OU NÃO - ESPONTÂNEA? JUSTIFIQUE SUA OPÇÃO.</p> <p>() espontânea () não-espontânea</p>		
<p>2. QUAIS ETAPAS DO TRATAMENTO DE ÁGUA, REALIZADO NAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO CONVENCIONAIS, ESTÃO PRESENTES NO FENÔMENO OBSERVADO NO EXPERIMENTO?</p>		
<p>3. A TECNOLOGIA CONTRIBUI PARA A PRESERVAÇÃO AMBIENTAL?</p> <p>() sim () não () em parte</p>		
<p>4. POR QUE UTILIZAMOS SAL DE COZINHA NA PREPARAÇÃO DE SIMULAÇÃO DE EFLUENTES?</p>		
<p>5. VOCÊ JÁ OUVIU FALAR EM QUÍMICA AMBIENTAL? COMENTE.</p>		

Fonte: AUTOR, 2019.

Conforme comentado na fundamentação teórica, procuramos avaliar obedecendo aos princípios do EI, ou seja, priorizando o caráter formativo.

Salientamos que, quatro alunos estavam ausentes por motivo desconhecido. Desta forma, vinte e quatro estudantes participaram da avaliação.

Finalizamos a SD, sintetizada no quadro 3, que consiste no produto educacional proposto pelo presente estudo (apêndice G). Com o compromisso de socializar com os alunos, os resultados das análises realizadas em todo o processo metodológico.

Quadro 3 – Síntese da sequência didática desenvolvida.

Etapa	Descrição da etapa	Objetivo	Número de aulas de 50 min.
(1) Avaliação diagnóstica	Aplicação de uma avaliação diagnóstica (APÊNDICE B), de forma individual com os alunos. Que consiste em um questionário com cinco questões abertas, sendo quatro envolvendo os conceitos de eletroquímica e uma sobre o conceito de educação ambiental. Que fazem parte das situações-problema elaboradas.	Realizar o levantamento dos conhecimentos prévios, e ao mesmo tempo um resgate, em relação aos conceitos fundamentais de eletroquímica e a concepção de educação ambiental.	1
(2) Proposição do problema e definição do grau de liberdade intelectual	Realizamos a formação de grupos de alunos para em seguida, propor as situações-problema (APÊNDICES C e D).	Apresentar as duas situações-problema e as demais etapas da sequência didática.	1
(3) Resolução do problema pelos estudantes	Os alunos em grupo foram convidados a testar experimentalmente as hipóteses trazidas por eles, para a resolução dos problemas. Utilizando os materiais disponibilizados, relacionados no quadro 2.	Realizar o teste experimental das hipóteses trazidas pelos estudantes para a resolução das situações-problema.	2
(4) Sistematização dos conhecimentos, momento coletivo	Esta etapa consistiu na discussão e socialização, no grande grupo, do que foi vivenciado na resolução do problema.	Discutir e socializar o que foi vivenciado na resolução do problema.	1
(5) Sistematização dos conhecimentos, momento individual	Solicitamos aos alunos, que individualmente respondessem um questionário, constituído de quatro questões elaboradas pelo professor-pesquisador. Conforme apresentado no APÊNDICE E.	Promover a construção pessoal do conhecimento.	1
(6) Avaliação	Consistiu na aplicação de um questionário misto (APÊNDICE F), que foi estruturado com cinco questões, aplicado a todos os presentes da turma, individualmente.	Avaliar o processo de ensino e aprendizagem dos estudantes.	1
Número total de aulas			7

Fonte: AUTOR, 2019.

2.4.7 Metodologia de análise dos dados

Na análise das respostas dos alunos aos questionários, aplicados nas etapas 1, 5 e 6, enquadraram-se as respostas dadas a cada questão em uma das seguintes

categorias: resposta Satisfatória (RS), Resposta Parcialmente Satisfatória (RPS), Resposta Insatisfatória (RI) e Nenhuma Resposta (NR) – de modo análogo ao utilizado por Lacerda (2008).

Em relação à análise dos dados nas etapas 3 e 4, onde os instrumentos de coleta foram a videogravação e a observação participante. Consideramos as ações que envolveram a participação dos alunos, em relação aos pressupostos do EI, alinhados com as teorias do desenvolvimento cognitivo de Vygotsky e Piaget, numa perspectiva de avaliação formativa.

2.4.7.1 Metodologia de análise das respostas da avaliação diagnóstica (etapa 1)

Considerando o questionário elaborado na etapa 1, passamos a categorizá-lo para fins de posterior análise dos dados.

Primeira questão: *Para você, de que trata a eletroquímica?*

As respostas a esta primeira questão foram consideradas satisfatórias (RS) nos casos em que os alunos relacionaram corretamente a conversão de energia elétrica em energia química, bem como a conversão de energia química em elétrica.

Aquelas respostas onde citaram apenas a energia química ou a energia elétrica, foram consideradas parcialmente satisfatórias (RPS). As respostas compreendidas como insatisfatórias (RI) foram aquelas em que os alunos correlacionaram erroneamente, a energia química e a energia elétrica ou ainda, não as citaram. As respostas foram consideradas como não respondidas (NR) quando os alunos não registraram nenhuma resposta.

Segunda questão: *Por que se diz, que oxidação e redução são processos complementares?*

Foram consideradas como satisfatória (RS) as respostas em que os alunos associaram que, sempre que há oxidação, haverá redução, com a transferência de elétrons, entre as espécies, em uma reação química. As respostas foram categorizadas como parcialmente satisfatória (RPS), quando os estudantes consideraram a transferência de elétrons entre as espécies, sem relacionar com os processos de oxidação e redução, e vice-versa.

As respostas compreendidas como insatisfatória (RI) foram aquelas que conceituaram erroneamente os processos de oxidação e redução e

desconsideraram a transferência de elétrons, entre as espécies. Aquelas sem respostas foram consideradas como não respondida (NR).

Terceira questão: *Diferencie agente oxidante de agente redutor.*

Consideramos como satisfatória (RS) as respostas em que os alunos, conceituaram que, agente oxidante é a espécie que provoca a oxidação, sendo reduzida, isto é, recebem elétrons e o agente redutor é a espécie que provoca a redução, sendo oxidada, ou seja, doam elétrons. As respostas foram parcialmente satisfatórias (RPS), quando conceituaram agente oxidante ou redutor, sem mencionar as espécies que recebem e/ou doam elétrons.

As respostas consideradas como insatisfatória (RI) foram aquelas que diferenciaram erroneamente agente oxidante e agente redutor. Aquelas sem respostas foram consideradas como não respondida (NR).

Quarta questão: *Como prever se determinado metal vai ser oxidado ou reduzido?*

Como resposta satisfatória (RS), compreendemos aquelas que consideraram a previsão de oxidação e redução, “ambas” dependentes da outra espécie de referência e do potencial de redução/oxidação. As respostas, parcialmente satisfatória (RPS) consideraram a previsão de oxidação e redução, condicionada “apenas”, à outra espécie de referência ou ao potencial de redução/oxidação.

As respostas consideradas como insatisfatória (RI), foram aquelas onde não se constatou a dependência da previsão de oxidação e redução, com a espécie de referência e do potencial de redução/oxidação. Aquelas sem respostas foram consideradas como não respondida (NR).

Quinta questão: *Para você, o que significa educação ambiental?*

A análise das respostas dadas a esta questão considerou como resposta satisfatória (RS), aquelas que apresentaram o uso de uma linguagem, que explicitamente ou implicitamente, expressaram idéias coerentes com a concepção de Reis (2008). Ou o enunciado do art. 1º da Política Nacional de Educação Ambiental, cujo texto, afirma que, "Entendem-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade." (BRASIL, 1999).

As respostas, parcialmente satisfatória (RPS) foram aquelas que apresentaram o uso de uma linguagem, que direta ou indiretamente, tangenciaram as idéias constantes no enunciado no art. 1º da Política Nacional de Educação Ambiental, ou ainda a definição de Reis (2008).

Aquelas respostas cujas ideias não apresentaram, de um modo geral, um alinhamento com o art. 1º da Política Nacional de Educação Ambiental ou a concepção de Reis (2008) foram consideradas insatisfatória (RI). Aquelas sem respostas foram consideradas como não respondida (NR).

2.4.7.2 Metodologia de análise da resolução do problema pelos estudantes (etapa 3)

Consideramos, para fins de análise, as ações que envolveram as interações sociais entre os alunos, alunos e professor-pesquisador, alunos e materiais disponíveis, capacidade de argumentação, construção da linguagem científica e a elaboração e teste de hipóteses.

2.4.7.3 Metodologia de análise da Sistematização dos conhecimentos, momento coletivo (etapa 4)

Foram considerados, a partir de dois questionamentos orais, os aspectos relacionados ao confronto de informações, busca por explicações, generalizações e interações sociais.

Primeiro questionamento: “como vocês fizeram para resolver o problema?”

Segundo questionamento: “por que deu/não deu certo?”

2.4.7.4 Metodologia de análise da Sistematização dos conhecimentos, momento individual (etapa 5)

Considerando o questionário elaborado na etapa 5, passamos a categorizá-lo para fins de posterior análise dos dados.

Primeira questão: *Faça um desenho da montagem experimental realizada na resolução da 1ª situação-problema.*

Consideramos satisfatórias (RS), as respostas que ilustraram o esquema do experimento, identificando todos os componentes corretamente. Aquelas respostas, que ilustraram a montagem experimental, sem identificar ou identificando apenas alguns itens com erro, compreende-se como parcialmente satisfatória (RPS).

Nas respostas, cuja ilustração e identificação estavam equivocadas, consideram-se insatisfatória (RI). Aquelas sem respostas foram consideradas como não respondida (NR).

Segunda questão: *Esboce um desenho do experimento realizado para a resolução da 2ª situação-problema.*

Consideramos satisfatórias (RS), as respostas que ilustraram o esquema do experimento, identificando todos os componentes corretamente. Aquelas respostas, que ilustraram a montagem experimental, sem identificar ou identificando apenas alguns itens com erro, compreende-se como parcialmente satisfatória (RPS).

Nas respostas, cuja ilustração e identificação estavam equivocadas, consideram-se insatisfatória (RI). Aquelas sem respostas foram consideradas como não respondida (NR).

Terceira questão: *O que se observa em cada eletrodo?*





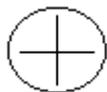
Consideramos como resposta satisfatória (RS), aquelas que descreveram que no pólo positivo, ânodo, ocorreu a formação de um “lodo” esverdeado acompanhado do escurecimento do eletrodo (clipe), a partir da oxidação. Ou citaram um dos aspectos.

Enquanto no pólo negativo, cátodo, descreveu que ocorreu a formação de um gás sem modificações no eletrodo (clipe), ocorrendo a redução da água. Ou citaram um dos aspectos.

As respostas que, descreveram corretamente o que foi observado apenas em um dos pólos, ou citaram pelo menos um aspecto em ambos, foram compreendidas como parcialmente satisfatória (RPS).

As respostas insatisfatórias (RI) descreveram erroneamente as observações em ambos os eletrodos. Aquelas sem respostas foram consideradas como não respondida (NR).

Quarta questão: *Equacione as semi-reações que estão ocorrendo na célula eletrolítica e a equação global do processo.*





Na análise das respostas dadas, consideramos de acordo com Mollah *et al.* (2001), os mecanismos 1 e 2, descritos e comentados na fundamentação teórica. Onde, no ânodo estão representadas nas equações 7 e 8, mecanismo 1, e equações 11 e 12, mecanismo 2. Para o cátodo, serão consideradas as equações 9 e 10, mecanismo 1, e equação 13, mecanismo 2.

Para a equação global vamos considerar as equações 10 e 14 dos mecanismos 1 e 2, respectivamente.

Ressaltamos que, não foi especificado para quais das amostras simuladas deveriam ter como referência, para atribuir as respostas, ficando a critério de cada aluno, visto que, de um modo geral os mecanismos são semelhantes.

Portanto, foram satisfatória (RS) aquelas respostas que equacionaram corretamente as semi-reações e a reação global. Naquelas respostas que, equacionaram pelo menos uma das semi-reações ou a reação global, foram consideradas parcialmente satisfatórias (RPS).

As respostas insatisfatórias (RI) foram aquelas que equacionaram todas, erroneamente. Aquelas sem respostas foram consideradas como não respondida (NR).

2.4.7.5 Metodologia de análise da Avaliação (etapa 6)

Considerando o questionário elaborado na etapa 6, passamos a categorizá-lo para fins de análise posterior dos dados.

Primeira questão: *As reações observadas no experimento ocorrem de maneira espontânea ou não-espontânea? Justifique sua opção.*

() *espontânea*

() *não-espontânea*

Enquadramos como satisfatória (RS), as respostas assinaladas como não-espontânea, cuja justificativa deveria contemplar a necessidade da fonte externa, para a ocorrência da reação química. Assim como, aquelas não assinaladas, mas justificadas corretamente.

Nos casos que, assinalaram como não-espontânea, mas não justificaram ou justificaram com alguns erros, entendemos como parcialmente satisfatórias (RPS). Bem como, as não assinaladas, mas justificadas com alguns erros.

Aquelas respostas que, assinalaram a opção *espontânea* com ou sem justificativa estão enquadradas como insatisfatória (RI). Aquelas sem respostas, assim como, as que tiveram ambas as opções assinaladas, foram consideradas como não respondida (NR).

Segunda questão: *Quais etapas do tratamento de água, realizado nas estações de tratamento convencionais, estão presentes no fenômeno observado no experimento?*

As respostas satisfatórias (RS) foram aquelas que apontaram a coagulação, floculação, decantação e filtração, como presentes no experimento. Quando citaram, pelo menos uma das etapas anteriores, as respostas foram consideradas parcialmente satisfatórias (RPS).

As respostas insatisfatórias (RI) apontaram etapas não existentes no experimento realizado. Enquanto, aquelas sem respostas foram consideradas como não respondida (NR).

Terceira questão: *A tecnologia contribui para a preservação ambiental?*

() *sim*

() *não*

() *em parte*

Discutimos na fundamentação teórica que, de acordo com Neto *et al.* (2011), Ibanez (2002) e Silva *et al.* (2016), a eletrólise pode ser utilizada como método alternativo para tratar efluentes. Adicionalmente, segundo Ibanez (2002), minimiza a quantidade de rejeitos descartados e o consumo de matéria-prima e energia.

Nesta direção, consideramos nas respostas assinaladas na opção *sim*, que houve concordância com as afirmações dos autores citados no parágrafo anterior, sendo enquadradas nas respostas satisfatórias (RS).

Aquelas respostas assinaladas na opção *em parte*, consideramos que houve uma concordância relativa com os autores, sendo enquadradas como parcialmente satisfatórias (RPS).

As respostas insatisfatórias (RI) foram aquelas assinaladas na opção *não*, onde consideramos que discordaram totalmente do que é defendido pelos autores citados. Nos casos, onde não houve opções assinaladas ou assinalaram mais de uma, consideramos como não respondida (NR).

Além disso, consideramos que estão incluídos nas respostas, os próprios juízos de valor dos estudantes se há contribuição, ou não, da tecnologia. A partir de suas experiências escolares, culturais e sociais.

Quarta questão: *Por que utilizamos sal de cozinha na preparação de simulação de efluentes?*

Como respostas satisfatórias (RS) foram consideradas aquelas que, justificaram o uso do sal para o aumento da condutividade da solução, devido à formação dos íons provenientes do cloreto de sódio. Contribuindo para a eletrólise do efluente.

Compreende-se parcialmente satisfatória (RPS), as respostas que justificaram a utilização do sal de cozinha para aumentar a condutividade da solução, sem relacionar com a formação dos íons e a eletrólise. Bem como, aquelas que citaram pelo menos um dos fatores.

Classificamos como insatisfatória (RI) as respostas que, justificaram erroneamente o uso do sal de cozinha. Não relacionando com a condutividade da solução aquosa, a dissociação do sal e/ou a eletrólise. Aquelas sem respostas foram consideradas como não respondida (NR).

Quinta questão: *Você já ouviu falar em química ambiental? Comente.*

A Química Ambiental, assim como qualquer outra área clássica da Química, pode ser definida de várias maneiras. Nesta direção, segundo Mozeto e Jardim (2002, p. 7), “a Química Ambiental estuda os processos químicos que ocorrem na natureza, sejam eles naturais ou ainda causados pelo homem, e que comprometem a saúde humana e a saúde do planeta como um todo”.

Adotaremos como referencial esta definição, a fim de analisar as respostas a essa questão. Além disso, não podemos deixar de considerar o juízo de valor inerente a cada indivíduo, incluído nas respostas a respeito da concepção sobre química ambiental, a partir de suas experiências escolares, culturais e sociais.

Portanto, foram consideradas satisfatórias (RS), aquelas que justificaram citando algum fenômeno, ação, situação, evento ou exemplo, que implícita ou explicitamente relacione algum conceito químico com o meio ambiente.

Como resposta parcialmente satisfatória (RPS), compreendemos aquelas que mencionaram algum/alguma fenômeno, ação, situação, evento ou exemplo, mas não relacionou com algum conceito químico ou meio ambiente.

Consideramos como insatisfatória (RI), as respostas que justificaram erroneamente, não apresentando aproximação com a definição adotada como referencial. Aquelas sem respostas foram consideradas como não respondida (NR).

Portanto, por meio dessas cinco etapas analíticas, buscamos atender ao objetivo geral delineado: o de Investigar as possíveis contribuições de uma sequência didática com atividades experimentais investigativas, numa perspectiva da educação ambiental na aprendizagem de eletroquímica no ensino médio.

Nesta direção, o capítulo a seguir contempla a apresentação dos resultados e discussões acerca das respostas às etapas 1, 3, 4, 5 e 6.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo apresentamos a discussão dos resultados da pesquisa. Inicialmente, é apresentada a análise das respostas dos estudantes à avaliação diagnóstica. Posteriormente, é exibida a análise referente aos dados obtidos a partir da etapa de resolução do problema. Em seguida, analisamos os dados obtidos a partir da sistematização coletiva dos conhecimentos. Na sequência, apresentamos a análise realizada na etapa da sistematização individual dos conhecimentos. Prosseguimos analisando os dados de uma avaliação, como última etapa.

3.1 ANÁLISE DAS RESPOSTAS DA AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA

Os resultados obtidos nesta etapa estão qualitativamente discutidos e apresentados em tabelas contendo os percentuais de respostas enquadradas nas seguintes categorias: Resposta Satisfatória (RS), Resposta Parcialmente Satisfatória (RPS), Resposta Insatisfatória (RI) e Nenhuma Resposta (NR) – conforme descrito no item 4.4.6 do presente trabalho.

1ª QUESTÃO: *Para você, de que trata a eletroquímica?*

Tabela 1 - Categorização das respostas dos estudantes à questão 01 – avaliação diagnóstica.

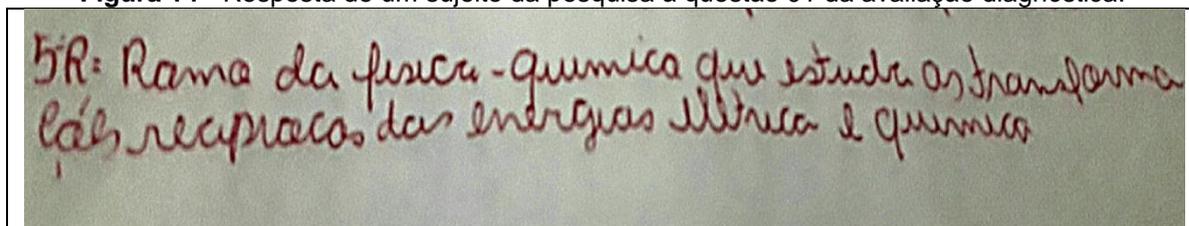
Categorias das Respostas	Percentual (%)
Resposta Satisfatória (RS)	50
Resposta Parcialmente Satisfatória (RPS)	40
Resposta Insatisfatória (RI)	10
Nenhuma Resposta (NR)	0

Fonte: AUTOR, 2019.

Conforme observado na Tabela 1, nenhum estudante deixou de responder a questão 01. Um percentual de 10% respondeu de maneira insatisfatória. O percentual de respostas parcialmente satisfatórias equivale a 40%, o que corresponde a oito estudantes. E a maioria, 50%, respondeu de modo satisfatório, percentual equivalente a 10 estudantes, considerando os presentes nessa etapa.

Realizamos a transcrição literal, portanto é possível que apareçam erros segundo a língua portuguesa, de uma RS que define eletroquímica como, “Ramo da física-química que estuda as transformações recíprocas das energias elétrica e química”. Conforme a figura 14.

Figura 14 - Resposta de um sujeito da pesquisa à questão 01 da avaliação diagnóstica.



Fonte: AUTOR, 2019.

Compreende-se, a nosso ver, a partir da resposta destacada na figura 14, que o estudante considera dois processos eletroquímicos. A interconversão da energia química em energia elétrica e vice-versa, quando usa o termo, “transformações recíprocas”. Havendo uma aproximação com a definição de Atkins e Jones (2012, p. 515), já citada neste trabalho.

Diante dos percentuais verificados para esta questão, concluímos que a maioria dos estudantes que participaram, conseguiram conceituar o objeto de estudo da eletroquímica. Sinalizando a existência, segundo Piaget, de esquemas mentais já assimilados.

2ª QUESTÃO: *Por que se diz, que oxidação e redução são processos complementares?*

Tabela 2 - Categorização das respostas dos estudantes à questão 02 – avaliação diagnóstica.

Categorias das Respostas	Percentual (%)
Resposta Satisfatória (RS)	30
Resposta Parcialmente Satisfatória (RPS)	50
Resposta Insatisfatória (RI)	20
Nenhuma Resposta (NR)	0

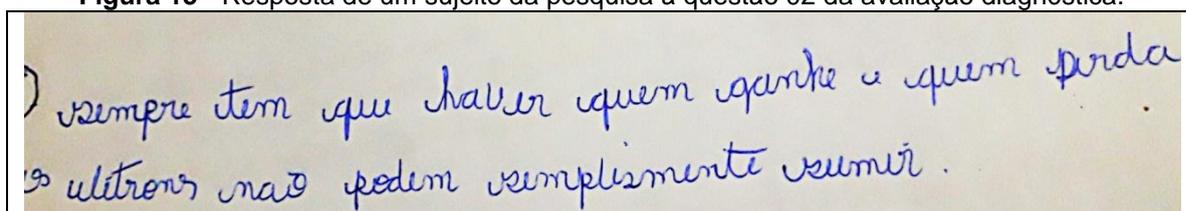
Fonte: AUTOR, 2019.

Conforme os dados da tabela 2, todos os estudantes resolveram a questão 02. Responderam satisfatoriamente 30% dos estudantes, ou seja, seis alunos

justificaram a complementaridade dos processos de oxidação e redução, a partir da transferência de elétrons entre as espécies.

O maior percentual, 50%, foi constatado na RPS. Em uma delas, justificaram assim, “Sempre tem que haver quem ganhe e quem perda os elétrons não podem simplesmente sumir”, como mostrado na figura 15. Houve 20% de respostas insatisfatórias.

Figura 15 - Resposta de um sujeito da pesquisa à questão 02 da avaliação diagnóstica.



Fonte: AUTOR, 2019.

Compreendemos que a resposta destacada na figura 15, converge parcialmente com o conceito de Toma (2013, p. 101), em relação aos processos de oxidação e redução.

Consideramos dessa forma, que a maioria dos estudantes compreende que ocorre uma transferência de elétrons entre as espécies. Entretanto, nota-se uma dificuldade parcial no uso da linguagem científica, no caso, através da escrita.

3ª QUESTÃO: *Diferencie agente oxidante de agente redutor.*

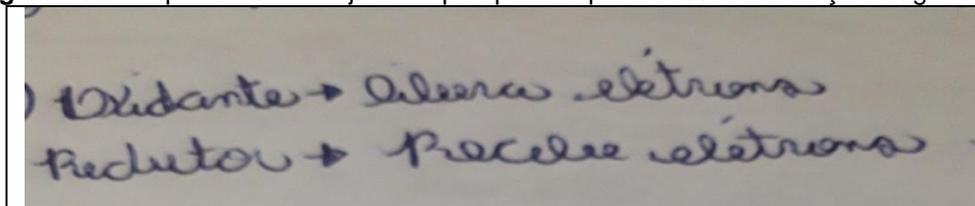
Tabela 3 - Categorização das respostas dos estudantes à questão 03 – avaliação diagnóstica.

Categorias das Respostas	Percentual (%)
Resposta Satisfatória (RS)	15
Resposta Parcialmente Satisfatória (RPS)	20
Resposta Insatisfatória (RI)	65
Nenhuma Resposta (NR)	0

Fonte: AUTOR, 2019.

Diante do exposto na tabela 3, percebe-se que a maioria respondeu insatisfatoriamente. A nosso ver devido a conflitos cognitivos, tais como, confusão entre os termos, *agente oxidante* e *oxidação*, como também, *agente redutor* e *redução*. Vejamos um exemplo de uma RI na figura 16.

Figura 16 - Resposta de um sujeito da pesquisa à questão 03 da avaliação diagnóstica.



Fonte: AUTOR, 2019.

O que pode ser justificado de acordo com as ideias Vygotsky, o qual afirma que, para que a aprendizagem aconteça de forma significativa deve ocorrer na ZDP. Que é o ambiente que concentra o conhecimento já construído, ou seja, os conhecimentos prévios.

Nesta direção, Interpretamos que o estudante ao ler os termos, *agente oxidante* e *agente redutor*, cuja definição não domina, projeta automaticamente sua mente para o conceito de oxidação e redução, que ele já conhece.

Além disso, devemos considerar a contribuição da capacidade do homem, de desenvolver símbolos que substituam e representem situações ou objetos, possibilitando fazer relações mentais na ausência das coisas, segundo Monroe (2018).

4ª QUESTÃO: *Como prever se determinado metal vai ser oxidado ou reduzido?*

Tabela 4 - Categorização das respostas dos estudantes à questão 04 – avaliação diagnóstica.

Categorias das Respostas	Percentual (%)
Resposta Satisfatória (RS)	10
Resposta Parcialmente Satisfatória (RPS)	15
Resposta Insatisfatória (RI)	70
Nenhuma Resposta (NR)	5

Fonte: AUTOR, 2019.

Conforme percebido na tabela 4, dez por cento responderam a questão 04 de modo satisfatório. Entretanto, evidenciamos uma grande dificuldade da maioria dos estudantes, 70% de RI, na elaboração de uma argumentação que estabelecesse uma relação plausível com a previsão em um processo redox. Respostas como,

“Quando os átomos dos elementos químicos formam uma ligação química”, e também, “Se o metal está com a carga positiva ou negativa”, sinalizam a existência de concepções alternativas a cerca da previsão da oxidação ou redução de um metal. As quais, de acordo com Alves (2018) são concepções não alinhadas aos saberes científicos.

Há de registrar que foi a questão, onde pela primeira vez apresentou a ausência de resposta. Um estudante, equivalente a 5%.

5ª QUESTÃO: *Para você, o que significa educação ambiental?*

Tabela 5 - Categorização das respostas dos estudantes à questão 05 – avaliação diagnóstica.

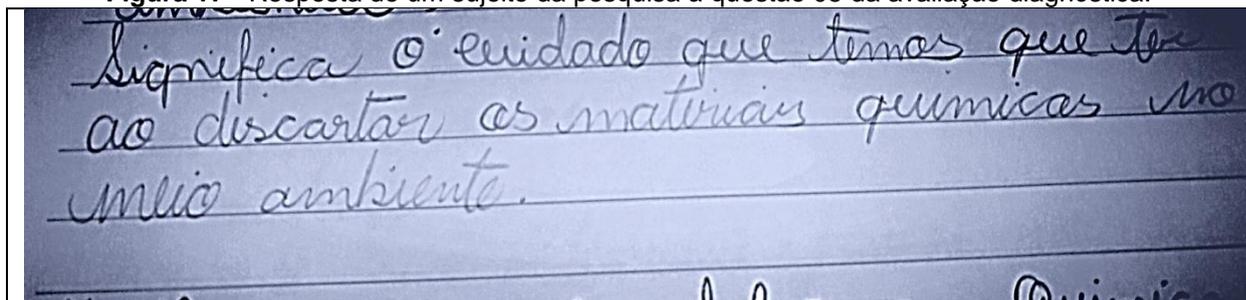
Categorias das Respostas	Percentual (%)
Resposta Satisfatória (RS)	70
Resposta Parcialmente Satisfatória (RPS)	25
Resposta Insatisfatória (RI)	5
Nenhuma Resposta (NR)	0

Fonte: AUTOR, 2019.

Na análise das RPS, cinco estudantes, equivalente a 25%, restringiram o significado, a apenas uma atitude, respondida da seguinte forma, “A de evitar a fumaça e o desmatamento”.

Nas respostas satisfatórias, 70%, há o uso de termos mais gerais, configurando uma maior proximidade com o enunciado do art. 1º da Política Nacional de Educação Ambiental (BRASIL, 1999), e com a concepção de EA, segundo Reis (2008). Destacamos como exemplo, o recorte de uma RS, conforme a figura 17.

Figura 17 - Resposta de um sujeito da pesquisa à questão 05 da avaliação diagnóstica.



Fonte: AUTOR, 2019.

Desta forma, consideramos que existe um indício de sensibilização com a preservação do meio ambiente, quando menciona, “o cuidado que temos que ter ao descartar”.

Diante do que foi discutido na avaliação diagnóstica, ficou evidente o domínio da maioria dos estudantes nos conceitos, exigidos nas questões 01 e 02, relativos à eletroquímica. Como também, a existência de uma dificuldade relacionada aos conhecimentos de eletroquímica, constatada nas questões 03 e 04. Não verificada em relação ao conceito de EA na quinta questão.

Nesta direção, concluímos que esta avaliação diagnóstica contribuiu para o levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes. Que, assim como o erro, é o ponto de partida para a construção do conhecimento, ambos defendidos no EI, segundo Carvalho (2013), Azevedo (2009) e Sasseron (2015).

Adicionalmente, a leitura dos conhecimentos prévios foi de extrema relevância. Pois nos dão uma idéia daquilo que o estudante apresenta construído sobre o conteúdo, que segundo Vygotsky está na ZDP. Além de apontar, de uma maneira geral, quais são os esquemas de assimilação existentes, na estrutura cognitiva dos estudantes, segundo Piaget.

O que contribuiu para a elaboração das situações-problema e da definição do grau de liberdade intelectual proporcionado aos alunos em atividades experimentais.

3.2 ANÁLISE DA RESOLUÇÃO DO PROBLEMA PELOS ESTUDANTES

Os resultados obtidos nesta etapa estão qualitativamente discutidos e foram analisados, considerando os conceitos de eletroquímica, as orientações teórico/metodológicas do EI e as teorias do desenvolvimento cognitivo de Piaget e Vygotsky.

Em um primeiro momento, os grupos A e B, a partir dos materiais disponibilizados, conforme já relacionados no quadro 2, se articularam para sistematizar as idéias para a solução das situações-problema.

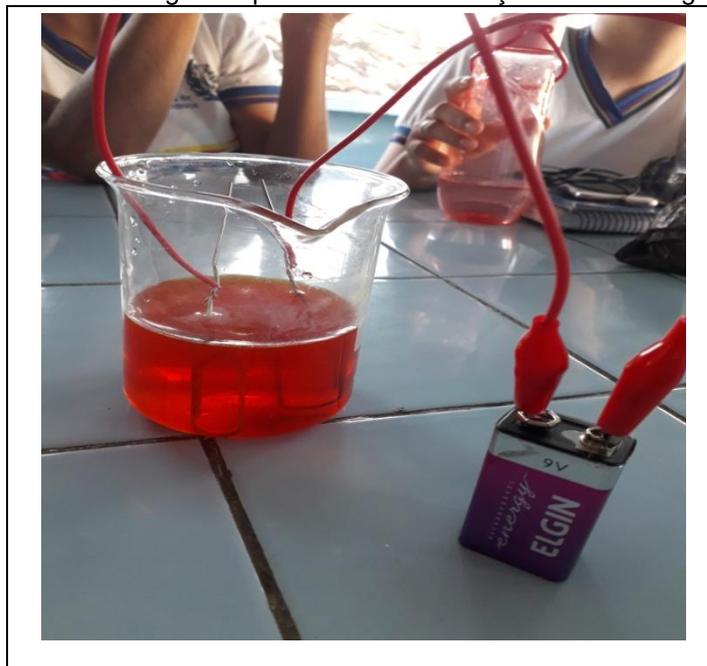
Foi um momento importante da análise, onde pudemos verificar que o trabalho coletivo favorece as interações sociais, sendo um fator relevante no processo de ensino e aprendizagem. Conforme já discutido na fundamentação teórica e amplamente referenciada no EI, segundo Sasseron (2015), Carvalho

(2013), Carmo (2015), Carvalho e Sasseron (2015), e na teoria do desenvolvimento cognitivo de Vygotsky.

O grupo A atendeu as expectativas, quando nos referimos à resolução do problema, pois realizaram corretamente a montagem experimental nas duas amostras de efluentes simulados.

Na figura 18, mostramos o esquema experimental para o efluente simulado da indústria têxtil.

Figura 18 – Montagem experimental na resolução da 1ª SP – grupo A.



Fonte: AUTOR, 2019.

Apresentamos na figura 19, a montagem experimental, para o efluente simulado de um matadouro, realizada pelo mesmo grupo.

Figura 19 – Montagem experimental na resolução da 2ª SP – grupo A.



Fonte: AUTOR, 2019.

Durante a realização do experimento, ficaram evidentes alguns indícios de um posicionamento crítico, na análise do fenômeno. Comentários como, “ta mudando de cor por causa do clipe”, ou ainda, “acho que tá tendo uma troca de elétrons”, embasam esse posicionamento.

Concluimos a partir do primeiro comentário, de acordo com a teoria de Piaget, que as situações-problema potencializaram a construção de novos esquemas mentais de assimilação aos alunos, ao abordar a realidade (o experimento).

O segundo comentário é um indicativo de que o estudante mobiliza um conhecimento já construído, presente na sua ZDP. Favorecendo uma aprendizagem mais significativa, segundo Vygotsky.

Podemos concluir, ainda a partir do segundo comentário, que os problemas propostos caracterizaram situações localizadas no limiar da ZDP dos alunos. Permitindo assim, uma progressão ilimitada expandindo a ZDP, conforme afirma Vygotsky.

Após alguns minutos, as amostras simuladas apresentavam um aspecto visual diferente, conforme a figura 20. Na amostra simulada do efluente da indústria têxtil foi perceptível, em um intervalo de tempo menor, a clarificação do mesmo.

Figura 20 – Amostras simuladas de efluentes após alguns minutos do início do experimento – grupo A.



Fonte: AUTOR, 2019.

Consideramos que o problema estaria resolvido, quando conseguissem realizar a remoção do poluente utilizando o método eletroquímico, no caso a eletrólise do efluente. Meta alcançada pelos membros do grupo A, que ao final da eletrólise realizaram uma filtração, conforme a figura 21.

Figura 21 – Filtração sendo realizada pelo grupo A.



Fonte: AUTOR, 2019.

Em relação à montagem experimental elaborada pelos membros do grupo B, houve semelhança com a do grupo A, na maioria dos pontos. Entretanto, divergiram em outros, como por exemplo, a permissão do contato entre os eletrodos, “clipes”, quando imersos nos efluentes.

Os membros do grupo B, também não cogitaram sobre a realização de uma filtração como etapa necessária para separar os flocos formados, “lodo”, da água.

Considerando uma avaliação essencialmente formativa, percebemos uma maior desenvoltura nos membros do grupo A. Todavia, houve uma evolução do ponto de vista coletivo, visto que, foi perceptível um maior engajamento na participação dos estudantes nessa etapa da SD.

Acreditamos que, houve uma contribuição significativa na resolução da SP com o uso da experimentação. No sentido de que, proporcionou condições para que os alunos realizassem a passagem das ações manipulativas às intelectuais, a partir do teste das hipóteses para resolver o problema. Cujas condições são consideradas por Carvalho (2018), como essenciais para que tenhamos um bom problema.

Portanto, de uma maneira geral, consideramos que o objetivo foi atingido, na medida em que potencializou as interações sociais (aluno-aluno, professor-aluno, alunos-materiais). Ativando a utilização dos conhecimentos prévios para a resolução do problema, a partir da participação ativa dos alunos. Além de ficar evidente, ser possível a experimentação em espaços informais, independente da existência de laboratório na escola.

3.3 ANÁLISE DA SISTEMATIZAÇÃO DOS CONHECIMENTOS, MOMENTO COLETIVO

Os resultados obtidos nesta etapa estão qualitativamente discutidos e foram analisados, considerando os conceitos de eletroquímica, as orientações teórico/metodológicas do EI e as teorias do desenvolvimento cognitivo de Piaget e Vygotsky.

Diante do questionamento: “Como vocês fizeram para resolver o problema?”, surgiram algumas respostas, a partir dos membros de cada grupo. Realizamos a transcrição literal de algumas, salientando que é possível o aparecimento de erros, segundo a língua portuguesa. Foram elas:

- I. “a gente fez a ligação com a bateria pra liberar energia”
- II. “se tinha bateria era pra ligar em alguma coisa”
- III. “ôxe, a gente ligou os fios na bateria e no clipe”

- IV. “tinha que ligar a bateria se não, não ia fazer nada”
- V. “a bateria manda energia pro negócio”

Quando questionados: “Por que deu/não deu certo?”, considerando as respostas de “ambos” os grupos, argumentaram da seguinte forma:

- VI. “por que a bateria tinha que ligar no clipe”
- VII. “deu certo, por que a energia reagiu com o corante”
- VIII. “por que tá borbulhando aqui”
- IX. “eu acho que é por causa do sal”
- X. “por que a bateria tem um sinal de mais + e de menos –”
- XI. “acho que foi por causa do detergente”

Foi perceptível nas respostas I, II, III, IV, V e VI, que ficou evidente entre os alunos, que a bateria é a responsável pela produção da energia elétrica na célula eletrolítica.

Na análise das respostas VII, VIII, IX, X e XI, há evidências da existência de concepções alternativas para justificar, os resultados das hipóteses testadas na resolução das situações-problema. Que de acordo com Alves (2018) são concepções não alinhadas aos saberes científicos.

Podemos perceber nas transcrições das respostas, o uso do raciocínio proporcional, sinalizando indícios da construção da linguagem científica. Sendo um indicativo de que está acontecendo a integração das ações manipulativas às intelectuais, referenciadas no EI, segundo Carvalho (2018).

Ressaltamos nessa etapa, a importância de promover a participação dos alunos, lhes dando a oportunidade de agir, argumentando com a mediação do professor para a produção do conhecimento, conforme afirma Kubli (1979 apud Moreira 2017, p. 104).

Considerando que, os estudantes nessa faixa etária estão na transição do período das operações concretas para o das operações formais, proposto por Piaget, é comum em alguns casos a existência de dificuldades em realizar abstrações. Exigidas em certo grau nos conteúdos da química.

Concluimos que, o compartilhamento e discussão das idéias vivenciadas na resolução do problema, de um modo geral, contribuiu para que os alunos se

aproximassem do processo de equilibração majorante, proposto por Piaget. Além de possibilitar que um aluno aprenda com a experiência do outro.

3.4 ANÁLISE DA SISTEMATIZAÇÃO DOS CONHECIMENTOS, MOMENTO INDIVIDUAL

Os resultados obtidos nesta etapa estão qualitativamente discutidos e apresentados em tabelas contendo os percentuais de respostas enquadradas nas seguintes categorias: Resposta Satisfatória (RS), Resposta Parcialmente Satisfatória (RPS), Resposta Insatisfatória (RI) e Nenhuma Resposta (NR) – conforme descrito no item 4.4.6 do presente trabalho.

1ª QUESTÃO: *Faça um desenho da montagem experimental realizada na resolução da 1ª situação-problema.*

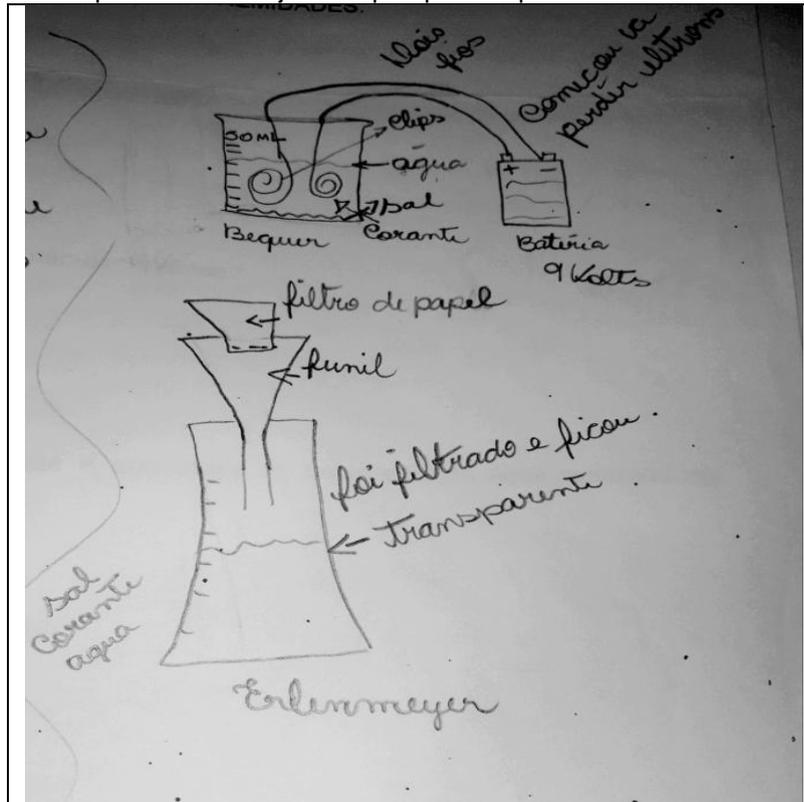
Tabela 6 - Categorização das respostas dos estudantes à questão 01 – momento individual.

Categorias das Respostas	Percentual (%)
Resposta Satisfatória (RS)	4,5
Resposta Parcialmente Satisfatória (RPS)	45,5
Resposta Insatisfatória (RI)	45,5
Nenhuma Resposta (NR)	4,5

Fonte: AUTOR, 2019.

Observa-se, a partir dos percentuais da tabela 6, que as RPS, assim como as RI, obtiveram 45,5% do total, equivalente a 10 alunos em cada categoria. Apenas um estudante não respondeu a questão, como também, só um respondeu satisfatoriamente, conforme a figura 22.

Figura 22 – Resposta de um sujeito da pesquisa à questão 01 do momento individual.



Fonte: AUTOR, 2019.

Destacamos na figura 22, que o estudante descreveu corretamente a montagem experimental realizada pelo seu grupo. Sinalizando a construção da linguagem científica evidenciada através do desenho. Que segundo Carvalho (2013), se apresenta como um meio de aprendizagem que realça a construção pessoal do conhecimento.

Consideramos que, o desenho da célula eletrolítica na parte superior da figura 22, está coerente com a figura 1 deste trabalho, sendo um indício de que o estudante compreende o princípio de funcionamento da célula.

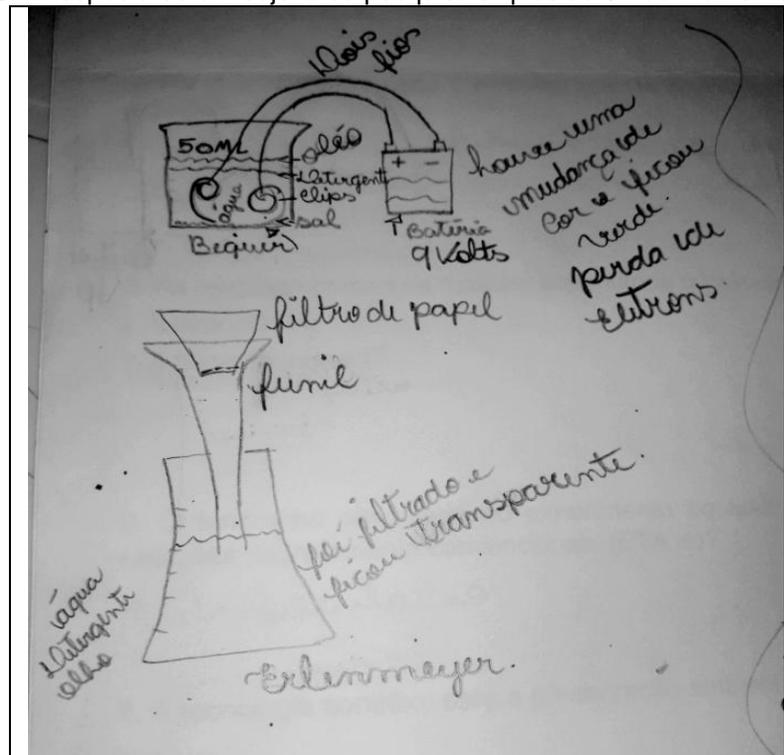
2ª QUESTÃO: *Esboce um desenho do experimento realizado para a resolução da 2ª situação-problema.*

Tabela 7 - Categorização das respostas dos estudantes à questão 02 – momento individual.

Categorias das Respostas	Percentual (%)
Resposta Satisfatória (RS)	4,5
Resposta Parcialmente Satisfatória (RPS)	40,9
Resposta Insatisfatória (RI)	27,3
Nenhuma Resposta (NR)	27,3

Fonte: AUTOR, 2019.

Na análise das respostas, vinte e sete por cento equivaleram às categorizadas como NR ou RI, que somadas correspondem a 12 alunos. Novamente, apenas um estudante respondeu satisfatoriamente, conforme a figura 23, que por sinal foi o mesmo da questão 1.

Figura 23 – Resposta de um sujeito da pesquisa à questão 02 do momento individual.

Fonte: AUTOR, 2019.

Na interpretação dos percentuais, comparando as duas primeiras questões, verifica-se uma coerência, pois o percentual de RPS se manteve na casa dos quarenta por cento. Outra observação se refere ao fato de, alguns estudantes que

responderam parcialmente satisfatoriamente a questão 1, deixaram de responder a questão 2.

Acreditamos que, foi devido à maneira de preparação do efluente simulado na segunda SP. Onde utilizamos quatro componentes, água, sal de cozinha, óleo de soja e detergente.

Ao adicionarmos o óleo de soja em água é perceptível que não solubiliza. Fato que já é do conhecimento dos estudantes, ou seja, faz parte dos esquemas mentais assimilados a partir de experiências anteriores, no cotidiano ou vida escolar, conforme a teoria de Piaget (MOREIRA, 2017).

Entretanto, com a adição do detergente formando uma emulsão, ocorre a dissolução do óleo em água. O que exige a construção de novos esquemas mentais de assimilação, para a nova realidade, de acordo com Piaget. (MOREIRA, 2017).

Concluimos que, esse aumento no percentual dos estudantes que não responderam, equivale aqueles que não se reestruturaram cognitivamente, adquirindo novos esquemas de assimilação. Isto é, não aconteceu o que Piaget denominou de acomodação, pois desistiram de responder.

De um modo geral, somados os percentuais de RS e RPS, em ambas as questões, podemos concluir que a metade dos participantes conseguiu esboçar o esquema básico de uma célula eletrolítica.

3ª QUESTÃO: *O que se observa em cada eletrodo?*





Tabela 8 - Categorização das respostas dos estudantes à questão 03 – momento individual.

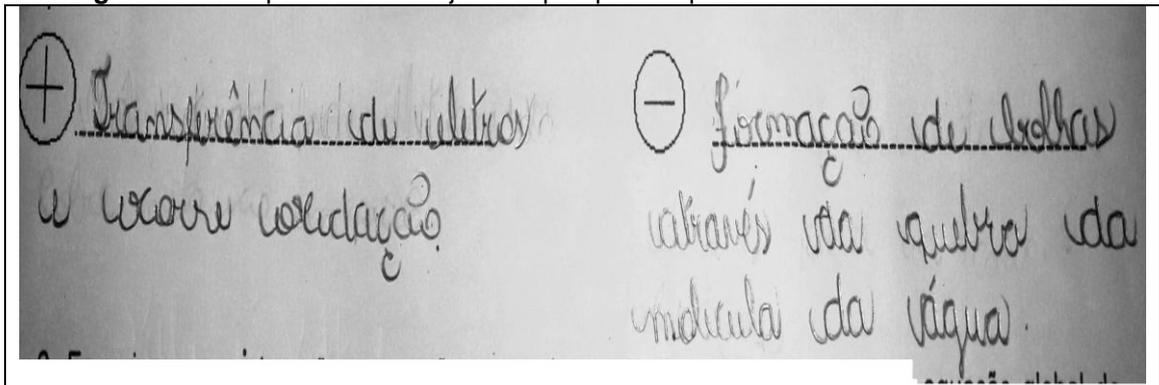
Categorias das Respostas	Percentual (%)
Resposta Satisfatória (RS)	40,9
Resposta Parcialmente Satisfatória (RPS)	31,8
Resposta Insatisfatória (RI)	9,09
Nenhuma Resposta (NR)	18,1

Fonte: AUTOR, 2019.

Na análise dos dados da tabela 8, percebemos um baixo percentual de RI e NR, o que aponta para uma evolução do ponto de vista conceitual, na direção de minimizar as dificuldades no entendimento dos conceitos de eletroquímica.

O percentual de RS, 40,9%, equivalente a nove estudantes que responderam corretamente, relacionando o que foi observado no experimento com o processo eletrolítico. Mostramos na figura 24, uma das RS de um sujeito da pesquisa.

Figura 24 – Resposta de um sujeito da pesquisa à questão 03 do momento individual.



Fonte: AUTOR, 2019.

Podemos perceber na RS destacada, que o estudante descreve a ocorrência da oxidação no ânodo, citando a transferência de elétrons, presente na primeira etapa da EF, segundo Silva (2002). No cátodo, aponta a formação de bolhas “gás”, a partir da quebra da molécula da água “redução”, que segundo Crespilho e Resende (2004), ocorre na última etapa da EF.

Considerando que, a maioria das respostas foi enquadrada na RS e RPS, evidenciamos que houve um crescimento em direção à alfabetização científica.

4ª QUESTÃO: *Equacione as semi-reações que estão ocorrendo na célula eletrolítica e a equação global do processo.*

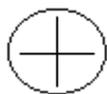


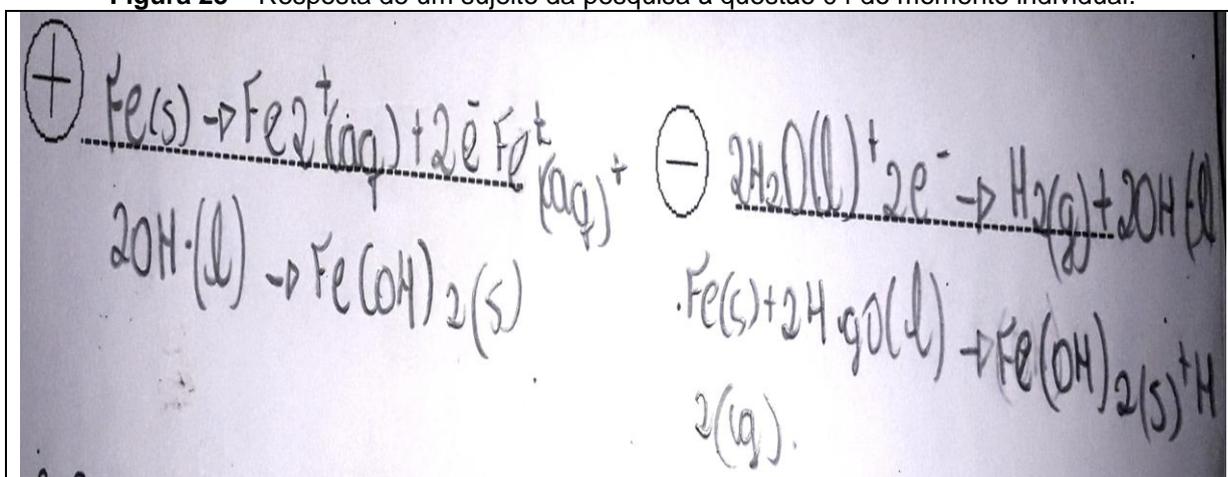
Tabela 9 - Categorização das respostas dos estudantes à questão 04 – momento individual.

Categorias das Respostas	Percentual (%)
Resposta Satisfatória (RS)	4,5
Resposta Parcialmente Satisfatória (RPS)	40,9
Resposta Insatisfatória (RI)	27,3
Nenhuma Resposta (NR)	27,3

Fonte: AUTOR, 2019.

Podemos concluir a partir dos dados da tabela 9, que em torno de 54% dos estudantes, correspondente ao somatório da RI e NR, apresentaram dificuldades para equacionar as reações envolvidas no processo eletrolítico.

Os demais estudantes enquadrados na RS e RPS, aproximadamente 46%, se aproximaram dos mecanismos propostos por Mollah *et al.* (2004), onde apenas um respondeu satisfatoriamente a questão, conforme a figura 25.

Figura 25 – Resposta de um sujeito da pesquisa à questão 04 do momento individual.

Fonte: AUTOR, 2019.

Ao analisar a resposta destacada, evidenciamos que o estudante equacionou corretamente todas as reações envolvidas no processo eletrolítico, conforme o mecanismo 2, proposto por Mollah *et al.* (2004).

Compreende-se, a partir dos percentuais apresentados na tabela 9, que os estudantes de um modo geral, apresentam dificuldades parciais para relacionar a visão macroscópica, do fenômeno, com a microscópica.

Por fim, consideramos que houve uma evolução do ponto de vista conceitual, em direção à alfabetização científica, evidenciada nas respostas dessa etapa, através da escrita e do desenho. Que, segundo Carvalho (2013), se apresenta como meios de aprendizagem que realça a construção pessoal do conhecimento.

3.5 ANÁLISE DA AVALIAÇÃO

Os resultados obtidos nesta etapa estão qualitativamente discutidos e apresentados em tabelas contendo os percentuais de respostas enquadradas nas seguintes categorias: Resposta Satisfatória (RS), Resposta Parcialmente Satisfatória (RPS), Resposta Insatisfatória (RI) e Nenhuma Resposta (NR) – conforme descrito no item 4.4.6 do presente trabalho.

1ª QUESTÃO: *As reações observadas no experimento ocorrem de maneira espontânea ou não-espontânea? Justifique sua opção.*

() *espontânea*

() *não-espontânea*

Tabela 10 - Categorização das respostas dos estudantes à questão 01 da avaliação.

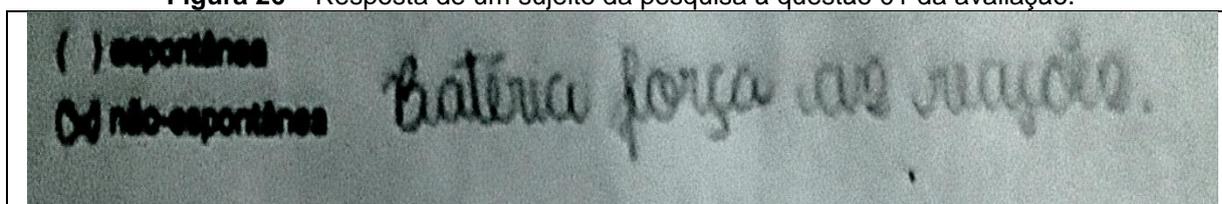
Categorias das Respostas	Percentual (%)
Resposta Satisfatória (RS)	4,16
Resposta Parcialmente Satisfatória (RPS)	75
Resposta Insatisfatória (RI)	20,8
Nenhuma Resposta (NR)	0

Fonte: AUTOR, 2019.

Diante do observado na tabela 10, concluímos que a maioria dos estudantes, equivalente à soma dos percentuais de RS e RPS, compreende que as reações na eletrólise são não-espontâneas. Relacionando a dependência da reação química com algum fator externo.

Todavia, desse total apenas um estudante, 4,16%, justificou satisfatoriamente e os demais justificaram com erro ou não justificaram. Apresentamos a RS do estudante na figura 26.

Figura 26 – Resposta de um sujeito da pesquisa à questão 01 da avaliação.



Fonte: AUTOR, 2019.

Em sua resposta, assinalada como não-espontânea, evidenciamos uma coerência com a justificativa. Quando descreve “bateria força as reações”, se referindo à função da fonte externa na célula eletrolítica. Justificativa coerente com Atkins e Jones (2012, p. 515), quando afirmam que a eletroquímica trata “do uso da eletricidade para forçar as reações químicas não-espontâneas a acontecerem”.

Considerando que, a avaliação na abordagem do EI tem um caráter formativo, segundo Carvalho (2013), objetivando uma ampliação e aproximação da alfabetização científica. Compreendemos que, de um modo geral, os dados da tabela 10 apontam nessa direção.

2ª QUESTÃO: *Quais etapas do tratamento de água, realizado nas estações de tratamento convencionais, estão presentes no fenômeno observado no experimento?*

Tabela 11 - Categorização das respostas dos estudantes à questão 02 da avaliação.

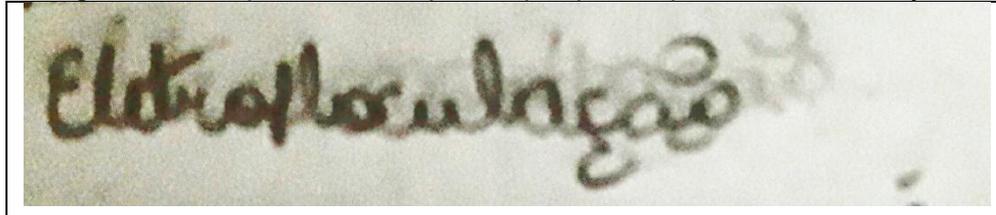
Categorias das Respostas	Percentual (%)
Resposta Satisfatória (RS)	0
Resposta Parcialmente Satisfatória (RPS)	41,6
Resposta Insatisfatória (RI)	20,8
Nenhuma Resposta (NR)	37,5

Fonte: AUTOR, 2019.

Considerando os dados da tabela 11, verifica-se que nenhum estudante respondeu satisfatoriamente. Destacamos que, todos os estudantes que não responderam, 37,5%, são membros do grupo B. Atribuímos essa ausência de resposta, à resolução parcial do problema na etapa 3 da SD pelo referido grupo.

Entretanto, 41,6%, equivalente a dez estudantes pertencentes ao grupo A, citaram a eletrofloculação como uma etapa presente nas estações de tratamento convencionais. A figura 27 mostra a RPS de um dos sujeitos da pesquisa.

Figura 27 – Resposta de um sujeito da pesquisa à questão 02 da avaliação.



Fonte: AUTOR, 2019.

Compreendemos que, esses estudantes se reestruturaram cognitivamente. Pois, relacionaram a reação química ocorrida na célula eletrolítica a uma das etapas do tratamento de água. Convém mencionar que, nas estações de tratamento convencionais, a floculação não é realizada via método eletroquímico.

Adicionalmente podemos considerar, a partir da resposta destacada, que as situações-problema com o uso da experimentação contribuíram para a construção da linguagem científica.

3ª QUESTÃO: *A tecnologia contribui para a preservação ambiental?*

() *sim*

() *não*

() *em parte*

Tabela 12 - Categorização das respostas dos estudantes à questão 03 da avaliação.

Categorias das Respostas	Percentual (%)
Resposta Satisfatória (RS)	41,6
Resposta Parcialmente Satisfatória (RPS)	41,6
Resposta Insatisfatória (RI)	8,3
Nenhuma Resposta (NR)	8,3

Fonte: AUTOR, 2019.

Considerando os percentuais da tabela 12, constatamos que 41,6% dos estudantes, equivalente a dez alunos, concordam que o método eletroquímico pode contribuir para a preservação do meio ambiente, pois assinalaram *sim*.

O mesmo percentual foi verificado na RPS assinaladas na opção *em parte*, onde interpretamos que houve concordância relativa em relação à contribuição do método eletroquímico para a preservação ambiental.

Compreendemos que, dois fatores contribuíram para a igualdade nos percentuais das opções *sim* e *em parte*.

Um deles se refere ao experimento realizado na resolução do problema, onde ocorre a formação dos flocos na segunda etapa, de acordo com Silva (2002) e Mollah *et al.* (2004), que apresenta o aspecto visual de um “lodo”. Podendo Induzir o entendimento que, o método “gera” mais poluição ao invés de “tirar”. Interferindo diretamente na interpretação dos estudantes, que estão na adolescência.

Fase que, segundo Piaget é comum que estejam numa transição entre o período de operações concretas para não-concretas, podendo haver pouco ou nenhum aprendizado.

O outro fator é relativo ao juízo de valor dos estudantes incluídos nas respostas, a partir das suas experiências escolares, sociais e culturais.

Concluimos que, na interpretação das respostas dos estudantes, de um modo geral, ocorre um equilíbrio em relação à concepção da contribuição da eletrólise para a preservação do meio ambiente.

4ª QUESTÃO: *Por que utilizamos sal de cozinha na preparação de simulação de efluentes?*

Tabela 13 - Categorização das respostas dos estudantes à questão 04 da avaliação.

Categorias das Respostas	Percentual (%)
Resposta Satisfatória (RS)	16,6
Resposta Parcialmente Satisfatória (RPS)	41,6
Resposta Insatisfatória (RI)	20,8
Nenhuma Resposta (NR)	20,8

Fonte: AUTOR, 2019.

Percebe-se na tabela 13, que o menor percentual, 16,6%, equivalente a quatro alunos, justificou a utilização do sal de cozinha, satisfatoriamente. No qual, dois argumentaram da seguinte maneira: “porque o sal ajuda na condução da corrente elétrica e a efetivar a eletrólise”. Os outros dois justificaram assim: “pois a solução aquosa de cloreto de sódio facilita as reações de oxirredução”.

Evidenciamos que, o maior percentual enquadrou-se na RPS, equivalente a dez alunos. Onde, cinco citaram “a presença dos íons a partir da dissociação do sal” e cinco relacionaram ao “aumento da condutividade da solução”.

Concluimos a partir dos percentuais da tabela 13, que a maioria dos alunos compreende qual é a função do sal na célula eletrolítica. Além de, ratificar que houve uma evolução do ponto de vista conceitual, na direção da alfabetização científica.

Consideramos que, esta evolução no uso da escrita para justificar o fenômeno químico em questão, sinaliza que a SD investigativa apresenta contribuições nesse processo. Pois, segundo Carvalho (2018), ao avaliar o ensino que propomos não devemos verificar apenas o domínio do conteúdo, mas também se escrevem com autoria e clareza as idéias expostas.

5ª QUESTÃO: *Você já ouviu falar em química ambiental? Comente.*

Tabela 14 - Categorização das respostas dos estudantes à questão 05 da avaliação.

Categorias das Respostas	Percentual (%)
Resposta Satisfatória (RS)	20,8
Resposta Parcialmente Satisfatória (RPS)	29,1
Resposta Insatisfatória (RI)	50
Nenhuma Resposta (NR)	0

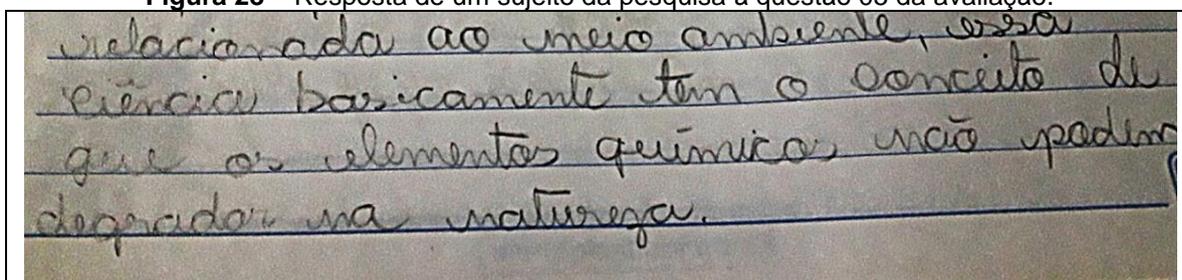
Fonte: AUTOR, 2019.

Constatamos a partir dos dados da tabela 14 que 50% das respostas, equivalente a doze alunos, foram enquadradas como RI. Onde todas apresentaram apenas “não” como resposta, sem nenhuma justificativa. Importante registrar que esses alunos pertencem ao grupo B.

Verificamos que sete alunos, 29,1%, correspondente a RPS, justificaram o conceito de química ambiental, elencando elementos mais próximos com a definição de química verde.

A qual, segundo Anastas e Warner (1998 apud Mendes, 2018, p. 36), pode ser definida como “o desenho, o desenvolvimento e a aplicação de produtos e processos químicos para reduzir ou eliminar o uso e a geração de substâncias nocivas à saúde e ao ambiente”. Destacamos na figura 28 uma RPS. Entretanto, cinco alunos responderam satisfatoriamente de acordo com a definição de Mozeto e Jardim (2002, p. 7).

Figura 28 – Resposta de um sujeito da pesquisa à questão 05 da avaliação.



Fonte: AUTOR, 2019.

Embora, as definições de química ambiental e química verde apresentem aspectos em comum e considerando as possíveis concepções alternativas e os conflitos cognitivos, concluímos que, 50% dos estudantes desenvolveram o uso da escrita formal e científica. Além da sensibilidade com a preservação ambiental defendida por Sbazó Júnior (2010).

No capítulo a seguir serão escritos comentários conclusivos a respeito do desenvolvimento do presente estudo, evidenciando o retorno esperado tanto pelo problema da pesquisa quanto dos objetivos estabelecidos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A finalidade da investigação realizada para dar origem ao presente estudo demandou a elucidação do seguinte problema de pesquisa: “De que maneira uma sequência didática com atividades experimentais investigativas pode contribuir com a aprendizagem de eletroquímica no ensino médio?”. As diligências realizadas para a obtenção da resposta à questão de pesquisa foram orientadas por quatro objetivos específicos.

A interpretação dos resultados inerentes ao primeiro objetivo específico, “Diagnosticar as concepções prévias dos alunos de uma turma do 3º ano do ensino médio, com relação aos conceitos relacionados à eletroquímica e educação ambiental”, revelou que os sujeitos da pesquisa possuíam conhecimentos parciais, relativos aos conceitos fundamentais de eletroquímica.

As dificuldades foram verificadas quando se exigiu dos estudantes a identificação dos processos de oxidação e redução, além, da associação respectiva com o agente redutor e oxidante em um processo redox. Dificuldades não encontradas para conceituar educação ambiental.

Convém ressaltar que, a análise dos conhecimentos prévios dos sujeitos da pesquisa assegura que, os problemas utilizados na presente investigação continha obstáculos bem definidos. Tais como, o conhecimento acerca dos processos de oxirredução e noções de educação ambiental.

Consideramos que, o déficit de aprendizagem relativo aos conhecimentos necessários para o reconhecimento e interpretação dos processos eletrolíticos, pôde ser minimizado. A partir do cumprimento do segundo objetivo específico, “Elaborar uma sequência didática investigativa articulada a uma situação-problema sobre o conteúdo de eletrólise”, durante a vivência das atividades estruturadas para o desenvolvimento desta pesquisa.

Pudemos verificar na aplicação da SD que, ocorreu uma evolução conceitual em relação à eletroquímica com ênfase na eletrólise, contextualizada com questões ambientais a partir de duas situações-problema. Constatada quando comparamos os dados que imergiram das etapas de análise, na direção da alfabetização científica dos alunos.

No sentido de cumprimento do terceiro objetivo específico, “Evidenciar que a aprendizagem por experimentação com caráter investigativo pode ocorrer em escolas que não possuem um espaço adequado para as aulas experimentais”, consideramos satisfatória a realização da experimentação com caráter investigativo. Realizada em um espaço informal, visto que a escola onde desenvolvemos a pesquisa não dispõe de laboratório, o que exigiu protagonismo dos estudantes, para a realização da atividade. Além de favorecer as interações sociais, fator importante no processo de ensino e aprendizagem, segundo os pressupostos teóricos do EI e da teoria do desenvolvimento cognitivo de Vygotsky.

Durante a realização das etapas planejadas para a intervenção didática, mais um objetivo específico, “Avaliar o processo de aprendizagem dos estudantes à luz dos pressupostos teóricos do ensino por investigação”, obteve retorno de modo satisfatório. Possibilitando a construção do conhecimento partindo da investigação de como solucionar um problema relacionado a um tema, conceitos e outras esferas sociais.

Complementarmente, as informações que emergem das respostas dos estudantes nas etapas de análise demonstram a contribuição da sequência didática utilizada. Pois é possível verificar em alguns momentos uma mudança de postura dos alunos, participando ativamente.

Consideramos que, uma sequência didática fundamentada no ensino por investigação com atividades experimentais, tem potencial para desenvolver nos estudantes a alfabetização científica, de modo mais significativo.

O professor atuando como mediador do processo de ensino e aprendizagem ofereceu aos estudantes alguns subsídios norteadores, nos momentos adequados, para o desenvolvimento da aprendizagem sobre a temática central.

Os resultados obtidos devem servir de base para inspirar outras possibilidades de investigações e contextos para a temática central, somadas às demais sugestões de trabalhos que exploraram o ensino de química na mesma perspectiva. Recomenda-se utilizar esse tipo de metodologia no desenvolvimento dos demais conteúdos de química.

Sobre o conteúdo do produto educacional (apêndice G), é compreensível que os professores que se interessem em fazer uso desse recurso possam proceder com as adaptações que julgarem pertinentes, em função do tempo, do público, dos equipamentos disponíveis, e outros.

Diante do que foi planejado, executado e discutido é possível considerar que a realização do presente estudo culminou na elaboração de um produto educacional de fácil adaptação, utilização, reprodutibilidade para muitos dos professores de química. Que desejam trabalhar os conceitos de eletroquímica com ênfase na eletrólise, em uma perspectiva ambiental, em suas aulas e que tenham o interesse de utilizar uma metodologia que favoreça a participação ativa dos seus alunos e a articulação do conhecimento químico com a realidade natural, social e cultural dos estudantes.

Finalmente, registramos nessa etapa conclusiva uma reflexão a respeito da realização do presente estudo. Em meio ao dinamismo das informações, a imersão tecnológica em que está a sociedade e as demandas sociais, econômicas, culturais e ambientais, o “ser professor” torna-se cada vez mais inseparável do “ser pesquisador”. Sendo cada vez mais necessário que, o professor tenha a consciência de que precisa acompanhar e se apropriar das inovações para que possa articulá-las. Com o propósito de oferecer aos estudantes, possibilidades para a construção do conhecimento ampliando sua visão de mundo.

REFERÊNCIAS

ALVES, T. C. **“Por que enferrujou?”: uma proposta investigativa para o ensino de reações de oxidação e redução**. 2018. 155 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Mestrado em Ensino na Educação Básica. Centro Universitário Norte do Espírito Santo – Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2018.

ALVES, C. T. da S.; CAVALCANTI, J. G. de S.; SIMÕES NETO, J. E. Uma sequência didática para abordagem do tema lixo eletrônico no ensino de Química. **EDUCAÇÃO QUÍMICA EN PUNTO DE VISTA**, [s. l.], ano 2018, v. 2, ed. 1, p. 125 - 143, 16 jun. 2018. DOI 10.30705. Disponível em: <https://revistas.unila.edu.br/eqpv/article/view/1101>. Acesso em: 1 nov. 2019.

ANDRÉ, M. O que é um estudo de caso qualitativo em educação? **Revista da FAEBA – Educação e Contemporaneidade**, Salvador, v. 22, n. 40, p. 95-103, jul./dez. 2012. Disponível em: <https://www.revistas.uneb.br/index.php/faeeba/article/view/753/526>. Acesso em: 15 set. 2019.

ARAÚJO, D. L. **O que é (e como faz) sequência didática?**. Entrepalavras, [S.l.], v. 3, n. 1, p. 322-334, maio 2013. ISSN 2237-6321. Disponível em: <<http://www.entrepalavras.ufc.br/revista/index.php/Revista/article/view/148/181>>. Acesso em: 10 set. 2019.

ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios de Química**: questionando a vida moderna e o meio ambiente. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

AZEVEDO, M. C. P. S. **Ensino por investigação: Problematizando as atividades em sala de aula**. In: CARVALHO, A.M.P. de. (Org.) Ensino de Ciências: Unindo a pesquisa e a prática. São Paulo: Thomson, 2009, p. 19-33.

BALDINATO, J. O. **A química segundo Michael Faraday: um caso de divulgação científica no século XIX**. 2009. 139 f. Dissertação (mestrado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências. São Paulo, 2009.

BAUER, M. W.; GASKELL, G. **Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som: um manual prático**. 12 ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2014.

BELLUCCO, A.; CARVALHO, A. M. P. **Uma proposta de sequência de ensino investigativa sobre quantidade de movimento, sua conservação e as leis de Newton**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, [s.l.], v. 31, n. 1, p.30-59, 25 nov. 2013. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

BERTOLIN, R. V.; GOMES, C. J. C. Crime na mansão: uma oficina investigativa no ensino de química. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, [s. l.], ano 2019, v. 10, n. 5, p. 100-118. DOI <https://doi.org/10.26843/rencima.v10i5>. Disponível em: <http://revistapos.cruzeirosul.edu.br/index.php/rencima/issue/view/70>. Acesso em: 2 dez. 2019.

BRADY, J. E.; RUSSELL, J. W.; HOLUM, J. R. **Química: A Matéria e Suas Transformações**. 3 ed. Vol. 2. Rio de Janeiro: LTC, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Educação é a Base. Brasília, MEC/CONSED/UNDIME, 2017. Disponível: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_publicacao.pdf. Acesso em: 02 out. 2019.

BRASIL. Ministério de Educação e Cultura. **LDB – Lei nº 9394/96**. Brasília, DF: Ministério da educação, 20 de dez.1996. Assunto: Estabelece as diretrizes e bases da Educação Nacional. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/lei9394_ldbn1.pdf. Acesso em: 18 out. 2019.

BRASIL. LEI No 9.795, DE 27 DE ABRIL DE 1999. **Ministério do Meio Ambiente**. Brasília, DF, abr 1999. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=321>>. Acesso em 15 set 2019.

CARMO, Alex Bellucco do. **Argumentação matemática em aulas investigativas em Física**. 2015. 251 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Educação. Área de Concentração: Ensino de Ciências e Matemática, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

CARDOSO, K. M. M. **Educação Ambiental nas escolas**. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Biologia) – Universidade de Brasília, Brasília. 2011.

CARVALHO, A. M. P. **Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação**. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências. V 18, n.3. 765–794. 2018.

CARVALHO, A. M. P. (ORG.). **Ensino de Ciências por Investigação: Condições de implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CARVALHO, A. M. P., RICARDO, E. C., SASSERON, L. H., ABIB, M. L. V. S., & PIETROCOLA, M. **Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

CARVALHO, I. C. M. A educação ambiental no Brasil. In: **Salto para o futuro: educação ambiental no Brasil – TV escola**, Secretaria de Educação a Distância, MEC/BRASIL, Ano XVIII, boletim 01, mar. 2008.

COSTA, Ysmaylin Siqueira. **Uso de experimentos didáticos como mediadores da aprendizagem em eletrostática numa escola pública de MACEIÓ / AL**. Orientador: Iram Marcelo Gléria. 2017. 66 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de física) - Instituto de Física - Universidade Federal de Alagoas, Maceió/AL, 2017. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/handle/riufal/1873>. Acesso em: 7 ago. 2019.

CRESPILHO, F. N.; REZENDE, M. O. O. **Eletroflotação: Princípios e Aplicações**. São Carlos: Editora Rima, 2004.

CUNHA, A. M.; SILVA, D. **Construção e validação de um questionário de atitudes frente as relações CTS**. In: VII - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Florianópolis, SC 2009. Disponível em: <http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viienepec/pdfs/1195.pdf>. Acesso em: 06 set. 2019.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI J. A.; PERNAMBUCANO M. M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

EVANGELHO, S. D.; PINHEIRO, K. D. Educação ambiental na escola: conscientização da necessidade de proteção contra a radiação ultravioleta. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental (REGET-CT/UFSM)**. v. 1, n. 1, p. 85-98, 2010.

FELTRE, R.; **Química**. 6 ed. v. 2, São Paulo: Moderna, 2004.

FONSECA, M. R. M. **Química: ensino médio**. 2 ed. - São Paulo: Ática, 2016.

FURLAN, P. Y.; KISTON, H.; ANDES, C.; **Chemistry, Poetry and Artistic Illustration: An interdisciplinary Approach to Teaching and Promoting Chemistry**. *Journal of Chemical Education*, v.84, n.10 (2007).

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GOBBI, L. C. A. **Tratamento de água oleosa por eletrofloculação**. 2013. Dissertação (mestrado em energia) – Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Universitário Norte do Espírito Santo. Espírito Santo.

GLOBO.COM (São Paulo). **Matadouro despeja resíduos em rio de Pernambuco**. São Paulo: G1 com informações da TV Asa Branca, 25 mar. 2010. Disponível em: <http://g1.globo.com/Noticias/Brasil/0,,MUL1544859-5598,00-MATADOURO+DESPEJA+RESIDUOS+EM+RIO+DE+PERNAMBUCO.html>. Acesso em: 12 mar. 2019.

IBANEZ, J. G. Saneamento Ambiental por Métodos Eletroquímicos: I- Tratamento de Soluções Aquosas. **Química Nova na Escola**, n. 15, 2002, p. 45-48.

JACOBI, P. R. Educação Ambiental: o desafio da construção de um pensamento crítico, complexo e reflexivo. **Educação e Pesquisa**. v. 31, n. 2, p. 233-250, 2005.

LACERDA, C. de C. **A contribuição de uma situação-problema na construção dos conceitos de misturas e substâncias**. 134 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Ensino em Ciências, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2008.

LACERDA, C. de C.; CAMPOS, A. F.; MARCELINO, C. de A. C. Abordagem dos Conceitos Mistura, Substância Simples, Substância Composta. **Química Nova na Escola**, Vol. 34, Nº 2, p. 75-82, 2012.

MAHAN, B. M.; MYERS, R. J. **Química, um curso universitário**. 4 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1995.

MARCONI, M. de A; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados**. São Paulo: Atlas, 2009.

MÉHEUT, M. Teaching-learning sequence tools for learning and/or research. **Research and Quality of Science Education**. Holanda: Springer, 2005.

MEIRIEU, P. **Aprender... sim, mas como?** 7. ed. Porto Alegre: Editora Artmed, 1998.

MOLLAH, M. Y. A.; MORKOVSKY, P., GOMES, J. A. G.; KESMEZ, M.; PARGA, J.; COCKE, D. L. **Fundamentals, present and future perspectives of electrocoagulation**. *Journal of Hazardous Materials*, v. B114, p. 199-210, 2004.

MONROE, C. Vygotsky e o conceito de aprendizagem mediada. **Nova Escola** (edição web), São Paulo, 2018. Disponível em: <<https://novaescola.org.br/conteudo/274/vygotsky-e-o-conceito-de-aprendizagem-mediada>> Acesso em: 10 mai. 2019.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. 2 ed. Ampl. – [Reimpr.]. - São Paulo: Editora Pedagógica Universitária, 2017.

MOURATO, E. R. G.; SIMÕES NETO, J. E. **Uma sequência didática sobre petróleo e derivados para a construção de conceitos químicos na educação de jovens e adultos**. *Cadernos de estudos e pesquisa na educação básica*, v. 1, n. 1, p. 78-97, 2015.

MOZETO, A. A.; JARDIM, W. de, F. A química ambiental no Brasil. **Química Nova na Escola**, v. 25, p. 7-11, 2002.

MYNAIO, M. C. S. Amostragem e saturação em pesquisa qualitativa: consensos e controvérsias. **Revista Pesquisa Qualitativa**. São Paulo (SP), v. 5, n. 7, p. 01-12, abr. 2017. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4111455/mod_resource/content/1/Minayosat_uracao.pdf. Acesso em: 08 nov. 2019.

NETO, S. A.; MAGRI, T.C.; SILVA, G. M.; ANDRADE, A. R. Tratamento de resíduos de corante por eletrofloculação: um experimento para cursos de graduação em química. **Química Nova na Escola**, v. 34, n. 8, 2011, p. 1468-1471.

OKI, M. C. M. Eletricidade e a Química. **Química Nova na Escola**, n. 12, P. 34-37, 2000.

OLHA a situação do rio capibaribe!!!. [S. l.: s. n.], 2017. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=cWBSF0VyiMI>. Acesso em: 19 mar. 2019.

OLIVEIRA, M. K. **Vygotsky: Aprendizado e desenvolvimento – Um processo sócio-histórico**. São Paulo: Scipione, 2011.

OLIVEIRA, M. M. **Como fazer pesquisa qualitativa**. Ed. Bagaço, Recife, Pernambuco, p. 191, 2005.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A Solução de Problemas nas Ciências da Natureza**. In: POZO, J. I. (org) *A Solução de Problemas: aprender a resolver, resolver para aprender*. Tradução: Beatriz Neves. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

REIS, M. F. C. T. A Inserção da Educação Ambiental na Escola. In: **Salto para o futuro: educação ambiental no Brasil – TV escola**, Secretaria de Educação a Distância, MEC/BRASIL, Ano XVIII, boletim 01, mar. 2008.

ROCHA, J. S.; VASCONCELOS, T. C. **Dificuldades de aprendizagem no ensino de química: algumas reflexões**. XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química (XVIII ENEQ) Florianópolis, SC, 25 a 28 de julho de 2016. Disponível em: <http://www.eneq2016.ufsc.br/anais/resumos/R0145-2.pdf>. Acesso em: 25 out. 2019.

ROCHA, G. O. **Ensino de Ciências por Investigação: Desafios e Possibilidades para Professores de Ciências**. Orientador: Juliana Simião Ferreira. 2017. 181 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) - Campus- Anápolis CET, Universidade Estadual de Goiás., Anápolis-GO, 2017.

RODRIGUES, J. C. R. **A Educação Ambiental nas Escolas de Santa Catarina**. Ambiente & Educação, Revista de Educação Ambiental. Programa de Pós-Graduação em Educação Ambiental. Universidade Federal do Rio Grande - FURG . Vol. 23, n. 1, 2018.

SANTOS, W. L. P. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. **Revista Brasileira de Educação**, v. 12. n.36. p. 434-492, set. /dez. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbedu/v12n36/a07v1236.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2019.

SASSERON, L. H. Alfabetização Científica, Ensino Por Investigação e Argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (belo Horizonte), [s.l.], v. 17, n. p.49-67, nov. 2015.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 24 ed. São Paulo: Cortez, 2016.

SILVA, A. L. C., **Processo eletrolítico: Uma alternativa para o tratamento de águas residuárias**. 2002, 60f. Monografia de Especialização em Química Ambiental, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

SILVA, D. C.; RECHOTNEK, F. ; ROMERO, A. L.; ROMERO, R. B. Tratamento de águas residuais por métodos eletroquímicos: Uma possibilidade de experimentação para o ensino de química na Educação Básica. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 18., 2016, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** Disponível em:< <http://www.eneq2016.ufsc.br/anais/resumos/R2041-1.pdf>>. Acesso em: 8 ago. 2019.

SKOOG, A. D.; WEST, D. M.; HOLLER, F. J.; CROUCH, R. S. **Fundamentos de Química Analítica**. 8 ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.

SZABÒ JÚNIOR. A. **Educação Ambiental e gestão de resíduos**. 3. ed. São Paulo: Rideel, 2010.

TAVARES, M.; SANTIAGO, M. A. M; **Eletricidade Atmosférica e Fenômenos Correlatos**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v.24, n.4 (2002).

TOMA, H. E. **Energia, estados e transformações químicas**. v. 2. São Paulo: Blucher, 2013.

TOMAZ, P. F.; SILVA, T. P.; SIMÕES NETO, J. E. A água e o ensino de química: proposta didática baseada na resolução de situações-problema para o conteúdo polaridade. **Revista Ciências & Ideias**, [s. l.], ano 2019, v. 10, n. 2, p. 132-149, 15 ago. 2019. DOI 10.22047/2176-1477/2019.v10i2.1150. Disponível em: <https://revistascientificas.ifrj.edu.br/revista/index.php/reci/issue/view/53>. Acesso em: 20 dez. 2019.

VYGOTSKY. L. S. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991b.

ZABALA, A. **A Prática Educativa. Como ensinar.** Tradução Ernani F. da F. Rosa. Porto Alegre: ARTMED, 1998.

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO



Convidamos V.S.a a participar da pesquisa: **Experimentos de Eletroquímica Ambiental: atividades investigativas no ensino de química.**

Que tem por objetivo Investigar as possíveis contribuições de uma sequência didática com atividades experimentais investigativas, numa perspectiva da educação ambiental na aprendizagem de eletroquímica no ensino médio. Como procedimentos de coleta de dados, utilizamos questionários e observações dos participantes durante as aulas. Tanto os questionários como o processo desenvolvido na sequência didática (que será gravado) ficarão sob responsabilidade do pesquisador. Destacamos ainda aos participantes os seguintes direitos: a garantia de esclarecimento e resposta a qualquer pergunta e a garantia de privacidade à sua identidade e do sigilo de suas informações.

Eu _____ RG _____ depois de conhecer e entender os objetivos e procedimentos metodológicos da pesquisa, bem como de estar ciente da necessidade do uso de minha imagem e/ou depoimento, especificados no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), AUTORIZO, através do presente termo, o pesquisador Gilson José Cavalcante dos Santos Júnior a realizar fotos/filmagem que se façam necessária e/ou colher meu depoimento sem quaisquer ônus financeiros a nenhuma parte.

Recife, 12 de março de 2019

Assinatura do participante

Nome do Pesquisador

Assinatura

APÊNDICE B – AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA

As respostas fornecidas a este questionário contribuirão para o desenvolvimento de uma pesquisa do Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI) da Universidade Federal Rural de Pernambuco. A seriedade da sua participação é muito importante.

Agradecemos a sua colaboração.

Kátia C. S. de Freitas – Profa. Dra. Orientadora
Sandra R. Souza – Profa. Dra. Co - Orientadora
Gilson J. C. dos S. Júnior – Aluno de Mestrado



AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA



RESPONDA DE ACORDO COM SEUS CONHECIMENTOS AS QUESTÕES ABAIXO:

1. PARA VOCÊ, DE QUE TRATA A ELETROQUÍMICA ?
2. POR QUE SE DIZ, QUE OXIDAÇÃO E REDUÇÃO SÃO PROCESSOS COMPLEMENTARES?
3. DIFERENCIE AGENTE OXIDANTE DE AGENTE REDUTOR.
4. COMO PREVER SE DETERMINADO METAL VAI SER OXIDADO OU REDUZIDO?
5. PARA VOCÊ, O QUE SIGNIFICA EDUCAÇÃO AMBIENTAL?

APÊNDICE C – 1ª SITUAÇÃO – PROBLEMA



1ª SITUAÇÃO - PROBLEMA



UMA INDÚSTRIA TÊXTIL FOI NOTIFICADA PELOS ÓRGÃOS FISCALIZADORES DEVIDO AO LANÇAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS, SEM TRATAMENTO, NO RIO.

UTILIZANDO OS CONCEITOS DE ELETROQUÍMICA E DISPONDO DOS MATERIAIS RELACIONADOS ABAIXO, COMO PODEMOS REALIZAR O TRATAMENTO DOS EFLUENTES ORIGINADOS?

MATERIAIS:

BATERIA RECARREGÁVEL 9 V.

BÉQUER DE 250 ML.

ERLENMEYER.

FILTRO DE PAPEL.

FIOS DE COBRE COM GARRAS TIPO JACARÉ NAS EXTREMIDADES.

CLIPES DE FERRO

APÊNDICE D – 2ª SITUAÇÃO – PROBLEMA**2ª SITUAÇÃO - PROBLEMA**

UM MATADOURO PÚBLICO FOI NOTIFICADO PELO ÓRGÃO FISCALIZADOR, DEVIDO AO DESPEJO DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS, SEM TRATAMENTO NO RIO.

UTILIZANDO OS CONCEITOS DE ELETROQUÍMICA E DISPONDO DOS MATERIAIS RELACIONADOS ABAIXO, COMO PODEMOS REALIZAR O TRATAMENTO DOS EFLUENTES ORIGINADOS?

MATERIAIS:

BATERIA RECARREGÁVEL 9 V.

BÉQUER DE 250 ML.

ERLENMEYER.

FILTRO DE PAPEL.

FIOS DE COBRE COM GARRAS TIPO JACARÉ NAS EXTREMIDADES.

CLIPES DE FERRO

APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO INDIVIDUAL



QUESTIONÁRIO INDIVIDUAL



RESPONDA O QUE SE PEDE, EM RELAÇÃO ÀS QUESTÕES ABAIXO:

1. FAÇA UM DESENHO DA MONTAGEM EXPERIMENTAL REALIZADA NA RESOLUÇÃO DA 1ª SITUAÇÃO-PROBLEMA.

2. ESBOCE UM DESENHO DO EXPERIMENTO REALIZADO PARA A RESOLUÇÃO DA 2ª SITUAÇÃO-PROBLEMA.

3. O QUE SE OBSERVA EM CADA ELETRODO?





4. EQUACIONE AS SEMI-REAÇÕES QUE ESTÃO OCORRENDO NA CÉLULA ELETROLÍTICA E A EQUAÇÃO GLOBAL DO PROCESSO.





APÊNDICE F – AVALIAÇÃO



AVALIAÇÃO



1. AS REAÇÕES OBSERVADAS NO EXPERIMENTO OCORREM DE MANEIRA ESPONTÂNEA OU NÃO-ESPONTÂNEA? JUSTIFIQUE SUA OPÇÃO.

() espontânea

() não-espontânea

2. QUAIS ETAPAS DO TRATAMENTO DE ÁGUA, REALIZADO NAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO CONVENCIONAIS, ESTÃO PRESENTES NO FENÔMENO OBSERVADO NO EXPERIMENTO?

3. A TECNOLOGIA CONTRIBUI PARA A PRESERVAÇÃO AMBIENTAL?

() sim

() não

() em parte

4. POR QUE UTILIZAMOS SAL DE COZINHA NA PREPARAÇÃO DE SIMULAÇÃO DE EFLUENTES?

5. VOCÊ JÁ OUVIU FALAR EM QUÍMICA AMBIENTAL? COMENTE.

APÊNDICE G – PRODUTO EDUCACIONAL



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE
NACIONAL**

SEQUÊNCIA DIDÁTICA

**EXPERIMENTOS DE ELETROQUÍMICA AMBIENTAL: ATIVIDADES
INVESTIGATIVAS NO ENSINO DE QUÍMICA**

**Gilson José Cavalcante dos Santos Júnior
Profa. Dra. Kátia Cristina Silva de Freitas
Profa. Dra. Sandra Rodrigues de Souza**

Recife – PE

2020

APRESENTAÇÃO

A Química é uma disciplina fundamental e um dos mais belos componentes curriculares do Ensino Médio, relacionada diretamente ao desenvolvimento tecnológico e científico da humanidade. Apesar da importância histórica ligada à evolução das sociedades e ao modo de viver do homem, esse componente curricular nem sempre é efetivamente valorizado. Possivelmente, pelo fato de que há uma grande dificuldade de aprendizagem por parte dos alunos, o que por consequência, leva à falta de interesse, ao descaso e até mesmo à desmotivação ao estudo da disciplina.

Há vários fatores que tentam explicar o baixo desempenho da aprendizagem da Química no Ensino Médio. Dentre os quais, está a metodologia de ensino, que busca tornar a aprendizagem cada vez mais adaptada ao seu tempo e ao seu contexto.

Na intenção de quebrar a rotina da sala de aula e dar possibilidades de modificação no ambiente da prática educacional, do professor de química, elaboramos uma sequência didática para ser desenvolvida com alunos do 3º ano do Ensino Médio. Envolvendo atividades experimentais investigativas, numa perspectiva da educação ambiental, articuladas a duas situações-problema, abordando o conteúdo de eletroquímica com ênfase na eletrólise. Estando implícitos nesse contexto, os conceitos de oxidação e redução; agente oxidante e redutor; reações de oxirredução; eletrólise e suas aplicações; química ambiental.

Sendo esta sequência didática, equivalente ao produto educacional desenvolvido durante o curso de mestrado profissional em química em rede nacional – PROFQUI, pólo UFRPE e faz parte da dissertação intitulada: **EXPERIMENTOS DE ELETROQUÍMICA AMBIENTAL: ATIVIDADES INVESTIGATIVAS NO ENSINO DE QUÍMICA**. Que teve como orientadora a Profa. Dra. Kátia Cristina Silva de Freitas e co-orientadora a Profa. Dra. Sandra Rodrigues de Souza.

Conscientes da importância do papel do professor como mediador no processo de ensino e aprendizagem de Ciências, esperamos que este material possa contribuir com o planejamento de suas aulas e para a melhoria do ensino de Química na educação básica.

OBJETIVO GERAL

Investigar as possíveis contribuições de uma sequência didática com atividades experimentais investigativas, numa perspectiva da educação ambiental na aprendizagem de eletroquímica no ensino médio.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Diagnosticar as concepções prévias dos alunos do ensino médio, com relação aos conceitos relacionados à eletroquímica e educação ambiental.

Elaborar uma sequência didática investigativa articulada a uma situação-problema sobre o conteúdo de eletrólise.

Evidenciar que a aprendizagem por experimentação com caráter investigativo pode ocorrer em escolas que não possuem um espaço adequado para as aulas experimentais.

Avaliar o processo de ensino e aprendizagem dos estudantes à luz dos pressupostos teóricos do ensino por investigação.

SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Um dos desafios dos professores é elaborar um plano de aula eficiente durante e após a execução da aula, escolhendo os conteúdos que serão trabalhados durante a mesma, de forma a alcançar os objetivos desejados, o que não configura uma tarefa fácil.

Uma forma de organizar os conteúdos que serão trabalhados em sala de aula para obter resultados plausíveis é a elaboração de uma SD, definida por Zabala (1998, p. 18) como “um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que tem um princípio e um fim conhecidos, tanto pelos professores como pelos alunos”.

Esta sequência didática está fundamentada nos pressupostos teóricos do ensino por investigação, que segundo Carvalho (2018), tem por finalidade desenvolver conteúdos ou temas científicos com o uso de diferentes atividades investigativas (por exemplo: laboratório aberto, demonstração investigativa, textos históricos, problemas e questões abertas, recursos tecnológicos).

Ainda, segundo a autora, em qualquer dos casos, a diretriz principal de uma atividade investigativa é o cuidado do (a) professor (a) com o grau de liberdade intelectual dado ao aluno e com a elaboração do problema.

Esses dois conceitos – liberdade intelectual e elaboração de problemas – são essenciais para o professor criar condições em sala de aula para os alunos interagirem com o material e construam seus conhecimentos em uma situação de ensino por investigação (CARVALHO, 2018).

Carvalho (2018) considera que, nas aulas experimentais um bom problema é aquele que dá condições para que os alunos:

- Passem das ações manipulativas às ações intelectuais (elaboração e teste de hipóteses, raciocínio proporcional, construção da linguagem científica);
- Construam explicações causais e legais (os conceitos e as leis).

Em relação ao grau de liberdade intelectual, Carvalho (2018), define como a criação de condições em sala de aula para que os alunos possam participar sem medo de errar.

Para, Carvalho (2013), Azevedo (2009) e Sasseron (2015), o EI proporciona a valorização do conhecimento prévio como ponto de partida e encara o erro como uma conquista de experiência que permite ao aluno construir de maneira mais sólida o conhecimento, desenvolvendo e organizando as próprias idéias, valorizando as atividades em grupo e contemplando as discussões com seus colegas de sala e professores.

Esta sequência didática consiste em seis etapas, as quais são: avaliação diagnóstica (etapa 1); proposição do problema e definição do grau de liberdade intelectual (etapa 2); resolução do problema pelos estudantes (etapa 3); sistematização dos conhecimentos, momento coletivo (etapa 4); sistematização dos conhecimentos, momento individual (etapa 5); avaliação (etapa 6). Apresentamos a seguir as etapas a serem desenvolvidas.

Avaliação diagnóstica (etapa 1)

Número de aulas de 50 min.: 1.

Objetivo

Realizar o levantamento dos conhecimentos prévios, e ao mesmo tempo um resgate, em relação aos conceitos fundamentais de eletroquímica e a concepção de educação ambiental.

Metodologia

Aplicação de uma avaliação diagnóstica, de forma individual com os alunos. Que consiste em um questionário com cinco questões abertas, sendo quatro envolvendo os conceitos de eletroquímica e uma sobre o conceito de educação ambiental. Que fazem parte das situações-problema elaboradas.

AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA

Responda de acordo com seus conhecimentos as questões abaixo:

1. Para você, de que trata a eletroquímica?
2. Por que se diz, que oxidação e redução são processos complementares?
3. Diferencie agente oxidante de agente redutor.
4. Como prever se determinado metal vai ser oxidado ou reduzido?
5. Para você, o que significa educação ambiental?

Proposição do problema e definição do grau de liberdade intelectual (etapa 2)

Número de aulas de 50 min.: 1.

Objetivo

Apresentar as duas situações-problema e as demais etapas da sequência didática.

Metodologia

O professor deve realizar a formação de grupos com o menor número de membros possível. Para em seguida apresentar as duas situações-problema, que deverão ser resolvidas por todos os grupos.

Inicialmente, com o objetivo de contextualizar, faça a exibição de um vídeo do youtube, intitulado “olha a situação do rio Capibaribe!!!” (disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=cWBSF0VyiMI>). Referente a uma reportagem sobre a poluição causada pelo lançamento de rejeitos, do setor têxtil, no rio

Capibaribe, no agreste de Pernambuco. Na sequência deve apresentar a primeira situação-problema.

1ª SITUAÇÃO - PROBLEMA

Uma indústria têxtil foi notificada pelos órgãos fiscalizadores devido ao lançamento de efluentes industriais, sem tratamento, no rio.

Utilizando os conceitos de eletroquímica e dispondo dos materiais relacionados abaixo, como podemos realizar o tratamento dos efluentes originados?

Materiais:

bateria recarregável 9 v.

béquer de 250 ml.

erlenmeyer.

filtro de papel.

fios de cobre com garras tipo jacaré nas extremidades.

clipes de ferro.

Deve seguir, apresentando uma notícia jornalística de um sitio da internet, (Disponível em: <http://g1.globo.com/Noticias/Brasil/0,,MUL1544859-5598,00-MATADOURO+DESPEJA+RESIDUOS+EM+RIO+DE+PERNAMBUCO.html>) referente ao despejo de resíduos, provenientes de um matadouro público, sem tratamento no rio Capibaribe, como forma de contextualizar. Para então, apresentar a segunda situação-problema.

2ª SITUAÇÃO - PROBLEMA

Um matadouro público foi notificado pelo órgão fiscalizador, devido ao despejo dos resíduos orgânicos, sem tratamento no rio.

Utilizando os conceitos de eletroquímica e dispondo dos materiais relacionados abaixo, como podemos realizar o tratamento dos efluentes originados?

Materiais:

bateria recarregável 9 v.

béquer de 250 ml.

erlenmeyer.

filtro de papel.

fios de cobre com garras tipo jacaré nas extremidades.

clipes de ferro.

Após a apresentação das situações-problema, o professor deve informar aos alunos quais as próximas etapas a serem desenvolvidas.

Ressaltando que, as situações-problema elaboradas e propostas estão enquadradas no grau 3, em relação à liberdade intelectual dada aos alunos pelo professor em atividades experimentais. Representando um ensino por investigação segundo Carvalho (2018). Cabendo ao professor realizar os ajustes necessários, de acordo com o perfil dos seus alunos.

Resolução do problema pelos estudantes (etapa 3)

Número de aulas de 50 min.: 2.

Objetivo

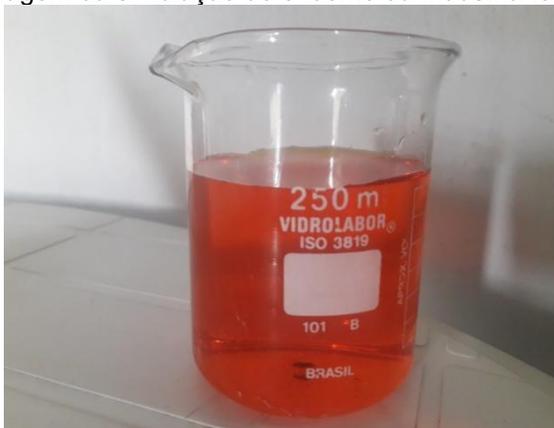
Realizar o teste experimental das hipóteses trazidas pelos estudantes para a resolução das situações-problema.

Metodologia

Previamente, o professor deve preparar duas simulações de amostras de efluentes, onde o procedimento realizado e o material utilizado na preparação, em ambas as amostras, devem ser compartilhados com os dois grupos de alunos.

A primeira amostra, simulando um efluente da indústria têxtil será preparada a partir da dissolução de corante para tecido e sal de cozinha em água.

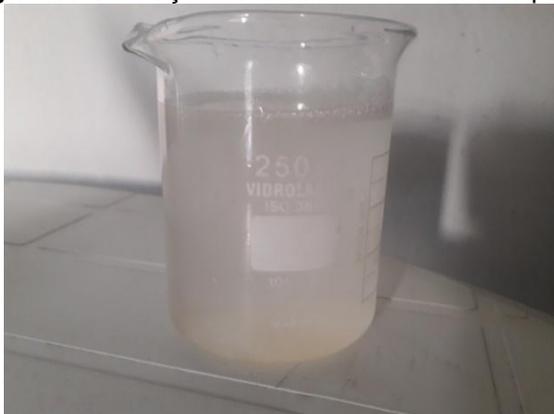
Imagem da simulação de efluente da indústria têxtil.



Fonte: AUTOR, 2019.

A segunda amostra, simulando um efluente de um matadouro público, rico em resíduos orgânicos será preparada pela adição de sal de cozinha, óleo de soja e detergente, em água. Formando uma emulsão água/óleo.

Imagem da simulação de efluente de matadouro público.



Fonte: AUTOR, 2019.

Iniciada a aula, podendo ser realizada no laboratório da escola ou em algum espaço alternativo, os alunos reunidos em grupo devem testar experimentalmente as hipóteses trazidas por eles, para a resolução dos problemas. Utilizando os materiais relacionados na etapa anterior, disponibilizados pelo professor. Ressaltando que, não deve ser fornecido nenhum procedimento experimental para a aula. Além de, dependendo da disponibilidade de material, ambas as amostras devem ser distribuídas para todos os grupos.

Destacamos também que, cabem aos grupos, com mediação do professor em alguns momentos, decidir sozinhos como realizar a montagem experimental.

Sistematização dos conhecimentos, momento coletivo (etapa 4)

Número de aulas de 50 min.: 1.

Objetivo

Discutir e socializar o que foi vivenciado na resolução do problema.

Metodologia

Inicialmente o professor deve convidar todos os grupos a compartilhar e socializar, no grande grupo, o que foi discutido na resolução do problema entre os membros de cada grupo.

Nesse momento o professor exerce um papel importante, o de mediar o debate entre todos. Exigindo uma mudança de postura em relação à maneira de avaliar, conforme Carvalho (2013).

A partir dessa perspectiva, os alunos devem ser questionados: “como vocês fizeram para resolver o problema?”. Após as justificativas continuamos questionando os alunos: “por que deu/não deu certo?”.

Sistematização dos conhecimentos, momento individual (etapa 5)

Número de aulas de 50 min.: 1.

Objetivo

Promover a construção pessoal do conhecimento.

Metodologia

O professor deve Solicitar aos alunos que, respondam individualmente um questionário e devolvam ao término. O mesmo é constituído de quatro questões, onde duas questões estão relacionadas com o desenho e duas com a escrita, oportunizando a construção pessoal do conhecimento segundo Carvalho (2013).

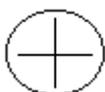
QUESTIONÁRIO INDIVIDUAL

Responda o que se pede, em relação às questões abaixo:

1. Faça um desenho da montagem experimental realizada na resolução da 1ª situação-problema.

2. Esboce um desenho do experimento realizado para a resolução da 2ª situação-problema.

3. O que se observa em cada eletrodo?





4. Equacione as semi-reações que estão ocorrendo na célula eletrolítica e a equação global do processo.





Metodologia de análise da Avaliação (etapa 6)

Número de aulas de 50 min.: 1.

Objetivo

Avaliar o processo de ensino e aprendizagem dos estudantes.

Metodologia

Nesta etapa, equivalente à última da sequência didática, o professor vai realizar uma avaliação utilizando um questionário misto. Que foi estruturado com cinco questões. A aplicação deve ser individual e o professor deverá recolher ao final.

Nesta avaliação o professor deve priorizar o caráter formativo, ou seja, obedecer os princípios do ensino por investigação.

AVALIAÇÃO

1. As reações observadas no experimento ocorrem de maneira espontânea ou não-espontânea? Justifique sua opção.

() espontânea

() não-espontânea

2. Quais etapas do tratamento de água, realizado nas estações de tratamento convencionais, estão presentes no fenômeno observado no experimento?

3. A tecnologia contribui para a preservação ambiental?

() sim

() não

() em parte

4. Por que utilizamos sal de cozinha na preparação de simulação de efluentes?

5. Você já ouviu falar em química ambiental? Comente.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, M. C. P. S. **Ensino por investigação: Problematizando as atividades em sala de aula.** In: CARVALHO, A.M.P. de. (Org.) Ensino de Ciências: Unindo a pesquisa e a prática. São Paulo: Thomson, 2009, p. 19-33.

CARVALHO, A. M. P. **Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação.** Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências. V 18, n.3. 765–794. 2018.

CARVALHO, A. M. P. (ORG.). **Ensino de Ciências por Investigação: Condições de implementação em sala de aula.** São Paulo: Cengage Learning, 2013.

SASSERON, L. H. Alfabetização Científica, Ensino Por Investigação e Argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (belo Horizonte), [s.l.], v. 17, n. p.49-67, nov. 2015.

ZABALA, A. **A Prática Educativa. Como ensinar.** Tradução Ernani F. da F. Rosa. Porto Alegre: ARTMED, 1998.